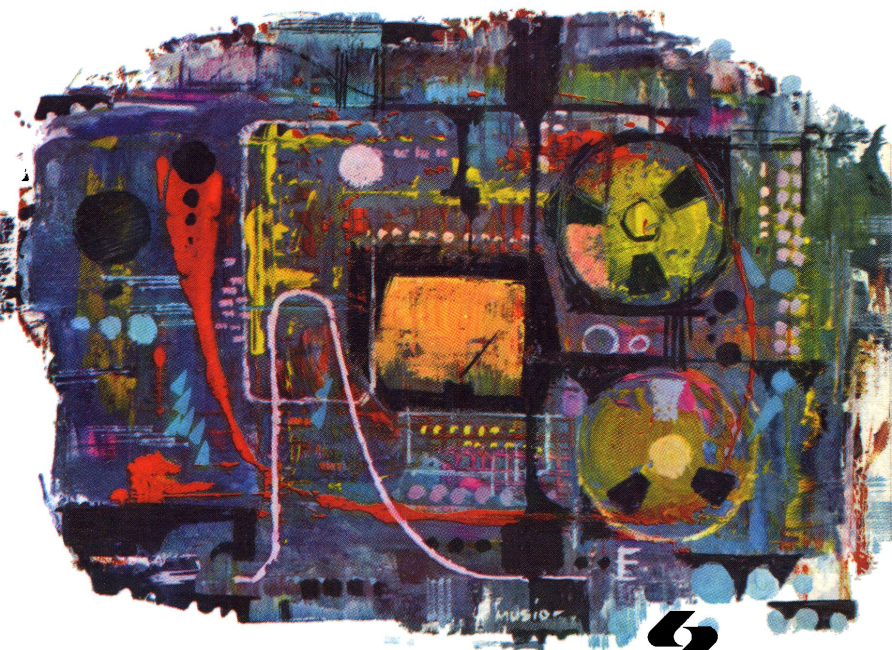
L. 450

ZUM

I CALCOLATORI ELETTRONICI



SEI

ZUM

Questa nuova iniziativa editoriale della SEI nasce per rispondere alle esigenze del pubblico moderno che desidera essere documentato «presto e bene» sugli argomenti che occupano e preoccupano il mondo d'oggi.
Studiata in modo da risultare avvincente e interessante senza rinunciare al rigore scientifico, la Collana 'ZUM' diretta da Maria Ludovica Varvelli si avvale di schemi, riassunti, indici di consultazione e guide alla ricerca.
Gli 'ZUM' facilitano il lettore e gli permettono di trovare ciò che lo interessa con la massima facilità.
Ogni volume, frutto di uno studio completo sull'argomento, costituisce una fonte insostituibile di notizie per gli studenti e per chi ama possedere una biblioteca aggiornata, attuale, agile.

IN ULTIMA PAGINA:
ELENCO PREMI E BUONO-REGALO

SEI



D'Odorico Pierluigi

I calcolatori elettronici

SEI

Collana diretta da
Maria Ludovica Varvelli

SETTEMBRE 1967 - (M. E. 37355) OFF. GRAF. S. E. I.

INDICE

INTRODUZIONE

Il calcolatore elettronico ha appena 20 anni, ma ha già portato una autentica rivoluzione nel mondo della scienza, della tecnica e dell'industria.

Il rapidissimo sviluppo di queste macchine però, ha fatto sí che per molti, i calcolatori elettronici restassero degli oggetti sconosciuti o misteriosi o comunque delle macchine con strane e favolose caratteristiche.

Scopo di questo libro è di sfatare queste credenze e dare un'idea chiara e concreta dei calcolatori elettronici, agli studenti e agli insegnanti della scuola media; pertanto, se da un lato si è cercato di spiegare l'uso di queste macchine nel modo piú semplice ed immediato possibile, dall'altro si è mantenuto un assoluto rigore scientifico soprattutto nella terminologia adottata e nelle definizioni.

Torino, *luglio* 1967

1
A COSA SERVE UN CALCOLATORE ELETTRONICO

1. Il calcolatore elettronico e la conquista dello spazio
2. Il traffico stradale ed il calcolatore
3. Medicina e calcolatori
4. Calcolatori e contabilità
5. Progettazione automatica con calcolatori elettronici
6. Il traduttore elettronico
7. Le applicazioni scientifiche e tecniche

I calcolatori elettronici sono una delle conquiste piú interessanti ed importanti della scienza e della tecnica dei giorni nostri. Non è azzardato affermare che i calcolatori operano tra di noi, che sono diventati praticamente indispensabili per l'industria e la tecnica moderna e che condizionano molte volte la nostra stessa vita quotidiana.

Per la maggior parte delle persone il calcolatore elettronico è una specie di macchina da fantascienza avvolta nei misteri dell'elettronica; accade di frequente che l'importanza del calcolatore sia ignorata o sottovalutata rispetto a macchine, fenomeni o esperimenti piú vistosi (come ad esempio la realizzazione della bomba H o i voli spaziali) che sono il risultato del lavoro sviluppato dagli scienziati utilizzando uno o piú calcolatori elettronici. Ad accrescere questo mistero, contribuiscono anche espressioni del tipo 'cervello elettronico' o 'macchina che pensa' o 'robot elettronico', che molto di frequente si sentono usare, con gravissima imprecisione, quando si parla dei calcolatori.

In realtà queste macchine se da un lato sono molto complesse, dall'altro non sono affatto misteriose, tutt'al piú le potremmo chiamare 'insolite', nel senso che sfruttano una logica, cioè un modo di ragionare un po' insolito anche se perfettamente logico e conosciuto da ogni persona. Questa logica dei calcolatori si basa sulla possibilità di rispondere solamente con 'sí' o 'no' alle

domande poste, senza fare altri commenti. Dato che le possibilità di risposta sono solo due, questa logica è chiamata logica binaria o a due valori.

Senza per ora addentrarci nel cuore del calcolatore per cercare di capirne il funzionamento, e prima di dare un rapido sguardo alla loro storia, è opportuno osservare insieme alcuni aspetti della nostra vita di ogni giorno che ci rivelano la presenza dei calcolatori elettronici.

1. IL CALCOLATORE ELETTRONICO E LA CONQUISTA DELLO SPAZIO

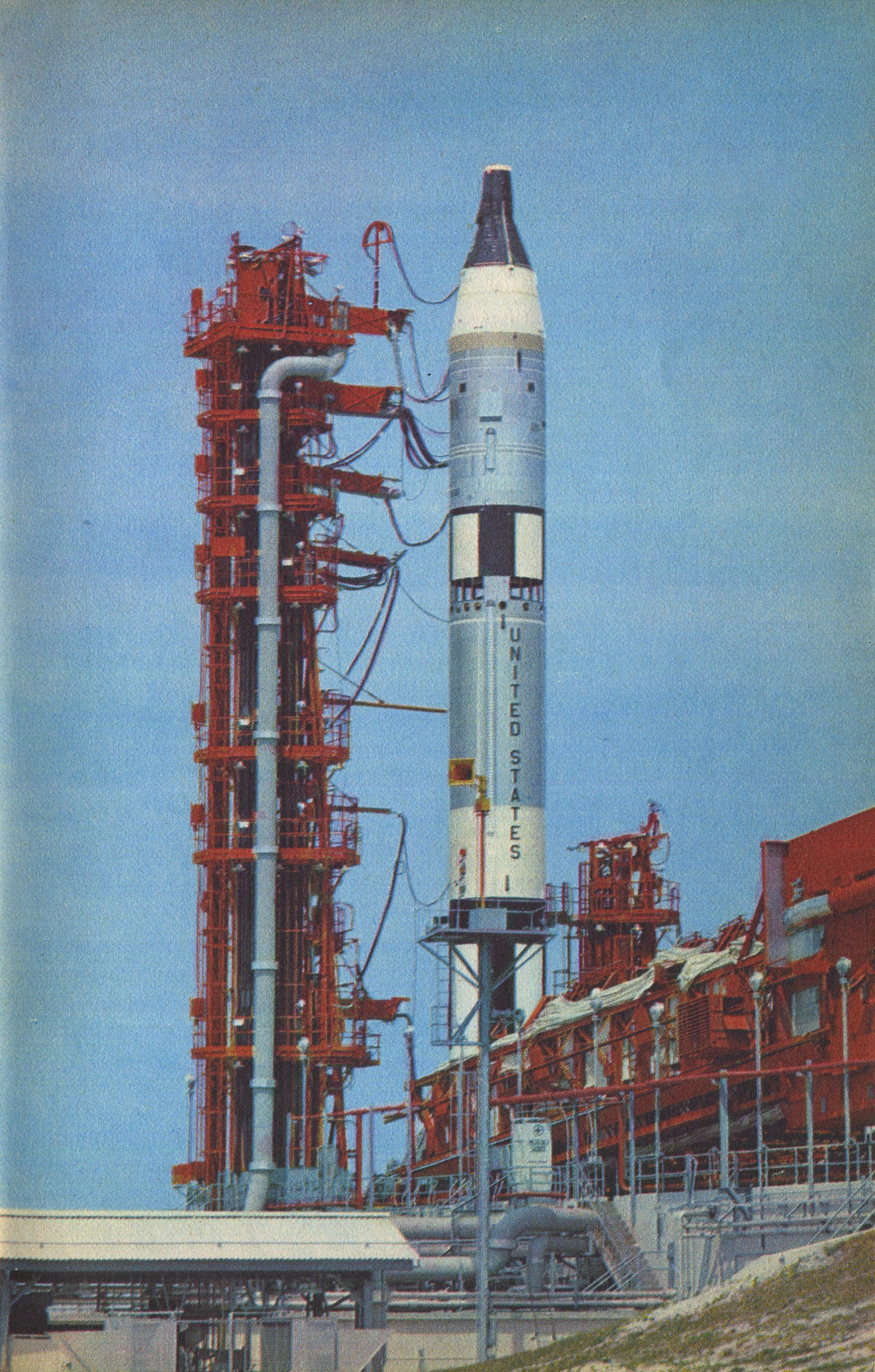
Ogni giorno sentiamo parlare di voli umani nello spazio, di satelliti che vanno ad esplorare la Luna o Marte o Venere, di satelliti utilizzati nella trasmissione di programmi televisivi o di comunicazioni telefoniche attraverso l'oceano Atlantico, e raramente ci rendiamo conto che queste imprese clamorose ed importanti sono rese possibili dalla presenza dei calcolatori elettronici sui satelliti o nei centri di controllo dei satelliti. La prima domanda che viene spontanea è la seguente: cosa fa il calcolatore elettronico per essere cosí importante per il volo spaziale?

Dall'istante in cui il razzo si stacca da terra all'istante in cui la capsula abitata rientra nell'atmosfera, il vero pilota è il calcolatore elettronico di bordo e non l'uomo. Il calcolatore elettronico installato sul satellite non si limita a risolvere i problemi di guida del razzo o i problemi di stabilizzazione del satellite, ma il suo lavoro comprende un numero vastissimo di altre attività che vanno dalla regolazione della composizione dell'aria nell'interno della capsula al controllo dell'organismo degli astronauti.

Esaminiamo un po' piú nei dettagli le varie fasi di un lancio spaziale.

Poco prima di dare il via vengono fatti per l'ultima volta i controlli di tutte le apparecchiature di bordo; questa verifica deve essere meticolosissima in quanto anche un difetto piccolissimo può significare una cata-

Il razzo è pronto sulla rampa
la Gemini torreggia
I piloti sono entrati nella capsula
incomincia il conto alla rovescia


UNITED STATES

strofe. Dato che gli elementi da controllare sono alcune migliaia, ed il tempo a disposizione è di pochi minuti, la maggior parte del lavoro di controllo deve essere eseguita in modo automatico da appositi strumenti — veri e propri organi di senso — che inviano i dati relativi alle misure eseguite ad un calcolatore elettronico. È cosí possibile eseguire una verifica veloce e sicura di tutti gli apparati anche pochi istanti prima del lancio. Quando il razzo parte dalla sua rampa, inizia per un calcolatore detto « calcolatore di controllo del volo » un periodo di lavoro pesantissimo in quanto piú volte al secondo esso deve poter elaborare i dati di velocità e posizione fornitigli dal razzo e dalle stazioni di osservazione di terra e stabilire se il volo procede in modo regolare e con il voluto consumo di combustibile, se la traiettoria di salita e l'orbita raggiunta sono esattamente quelle prefissate ed infine deve indicare le correzioni di orbita che devono essere apportate e specificare il modo per ottenerle.

Alla fine dell'avventura nello spazio, mentre i cosmonauti vengono sottoposti alle visite mediche e si preparano i festeggiamenti, i dati raccolti durante il volo vengono trasmessi alla memoria di altri calcolatori che provvedono a vagliarli uno per uno, e a metterli in relazione gli uni con gli altri per scoprirne eventuali legami. Dopo qualche giorno di lavoro vengono stampati in modo automatico dei quadri riassuntivi facilmente comprensibili ai tecnici ed ai medici che si occupano del volo spaziale; in questi quadri riassuntivi sono riportati solo gli aspetti caratteristici dell'impresa e le eventuali imperfezioni o anomalie manifestatesi durante il volo.

Se estendiamo questa nostra indagine ai mesi che precedono il lancio di un satellite, scopriamo quanto il calcolatore elettronico sia un utilissimo strumento di lavoro nel campo dell'ingegneria aerospaziale. Nello studio teorico ed ingegneristico della struttura e dei motori, il calcolatore elettronico è di valido aiuto ai progettisti in quanto consente di effettuare in modo preciso, rapido e privo di errori una verifica 'a tavolino' di tutte le principali caratteristiche del razzo. Durante le verifiche sperimentali inoltre il calcolatore diviene pressoché indispen-

sabile dato che per ogni esperimento eseguito si devono vagliare milioni di dati, calcolare delle medie, costruire dei grafici, valutare la sicurezza delle strutture collaudate ed infine proporre delle varianti al progetto.

Già dopo questa sommaria indagine appare evidente l'enorme importanza assunta negli ultimi anni dai calcolatori elettronici nel campo aerospaziale e non sembrerà piú nuova né strana l'affermazione che senza il calcolatore elettronico l'uomo non può andare nello spazio.

2. IL TRAFFICO STRADALE ED IL CALCOLATORE

Recentemente in alcune città d'Italia sono stati introdotti vari sistemi, già da alcuni anni adottati negli Stati Uniti per regolare il traffico cittadino non piú con dei vigili urbani, ma utilizzando un calcolatore che comanda una intera rete di semafori. Questo sistema (chiamato ad esempio a Torino « onda verde ») è costituito da un calcolatore elettronico, da qualche centinaio di semafori e da moltissime pedane, poste sul pavimento stradale, sensibili al passaggio dei veicoli.

Queste pedane forniscono di solito delle indicazioni sul traffico stradale delle vie secondarie che confluiscono o attraversano la via principale; in qualche altro caso, per sistemi di controllo piú complessi, ci sono altre pedane che misurano anche il traffico presente sulla via principale. I dati relativi al traffico dei vari tratti di strada controllati vengono inviati, utilizzando delle normali vie telefoniche, ad un calcolatore centrale il quale determina l'intensità di traffico totale ed in dipendenza da questo risultato stabilisce per le singole vie la durata ed il momento di accensione del 'verde'.

In generale il calcolatore può anche sincronizzare tra loro tutti i semafori, in modo tale che il cambio di colore da rosso a verde dia sempre la via libera ai veicoli che viaggiano lungo la via principale alla velocità indicata dai singoli semafori. Ovviamente perché un sistema del genere possa effettivamente lavorare in modo corretto,

è indispensabile che gli automobilisti siano estremamente rispettosi delle norme della circolazione stradale ed in particolare che rispettino il semaforo giallo. In questo lavoro i calcoli che deve svolgere il calcolatore sono molti, però sono anche molto semplici. Si tratta di costruire, ad intervalli regolari di tempo, una tabella con tutte le indicazioni di intensità di traffico nei vari tratti di strada controllati e di calcolarne il valore in rapporto all'intero traffico cittadino.

Una utilizzazione tipica di questi sistemi elettronici si ha nel controllo della circolazione nei grandi trafori alpini del San Bernardo e del monte Bianco. In queste gallerie i veicoli devono viaggiare a velocità abbastanza elevata per consentire di smaltire il traffico giornaliero, inoltre per motivi di sicurezza devono mantenere una distanza gli uni dagli altri, che in ogni caso consenta di evitare dei tamponamenti. Per ottenere questo, ci sono dei misuratori di velocità dei veicoli posti a distanza regolare che inviano di continuo dati ad un calcolatore; questo calcolatore fa accendere degli appositi segnali che avvertono l'automobilista di rallentare o di accelerare e se l'automobilista li ignora alla fine della galleria ci sono molte probabilità che lo attenda la contravvenzione già compilata dal calcolatore.

3. MEDICINA E CALCOLATORI

Dopo aver visto il calcolatore che percorre lo spazio e quello che lavora nelle nostre città come vigile urbano, proviamo ad entrare in una moderna clinica per vedere anche qui l'impronta del calcolatore elettronico. A prima vista tutto può sembrare assolutamente comune ed usuale se ad un tratto lo sguardo non cadesse su fogli che sembrano scritti a macchina e che portano alcune decine di dati oltre alle normali indicazioni che siamo soliti vedere sulle cartelle cliniche. Chiediamo qualche chiarimento e ci viene detto che questi fogli sono stampati da un calcolatore. Scopriamo cosí insieme al calcolatore

elettronico una nuova scienza, la 'biometria', cioè la applicazione dei metodi matematici, ed in particolare di quelli statistici, alla descrizione e all'analisi delle caratteristiche biologiche dell'uomo, degli animali e delle piante. Questa scienza, nata verso la metà del secolo scorso per opera di alcuni matematici che si occupavano di statistica, ricevette un formidabile impulso sia dal punto di vista della ricerca che da quello statistico nei primi anni del 1900. Dopo il 1950, con la diffusione dei calcolatori elettronici, gli studiosi di biometria poterono finalmente svolgere il loro lavoro senza le limitazioni procurate dal peso e dalla mole dei calcoli alle quali precedentemente avevano dovuto sottostare gli altri ricercatori.

Accanto all'applicazione della biometria, un'altra applicazione nel campo medico si ha nella utilizzazione del calcolatore elettronico come anagrafe, cioè come memoria di grande capacità nella quale possono venir registrati tutti i dati clinici ed i risultati delle visite fatte in tempi successivi ad ogni singolo paziente. In questo caso quando un paziente si ripresenta presso questa clinica modello, è sufficiente che il medico indichi al calcolatore il codice del paziente eseguendo una semplice manovra che possiamo pensare equivalente a formare un numero telefonico, e nel giro di qualche secondo può avere a disposizione un certo numero di pagine stampate con tutti i dati clinici che interessano.

La gran mole di dati clinici contenuti nella memoria del calcolatore, viene inoltre utilizzata per studi medico-statistici e per fare delle diagnosi automatiche fornendo dei suggerimenti al medico, suggerimenti che in ogni caso prima di essere accettati vengono accuratamente vagliati dal medico stesso.

4. CALCOLATORI E CONTABILITÀ

L'organizzazione della contabilità delle ditte ed in particolare delle banche e delle società che provvedono ai servizi di pubblica utilità (luce, gas, acqua, telefono)

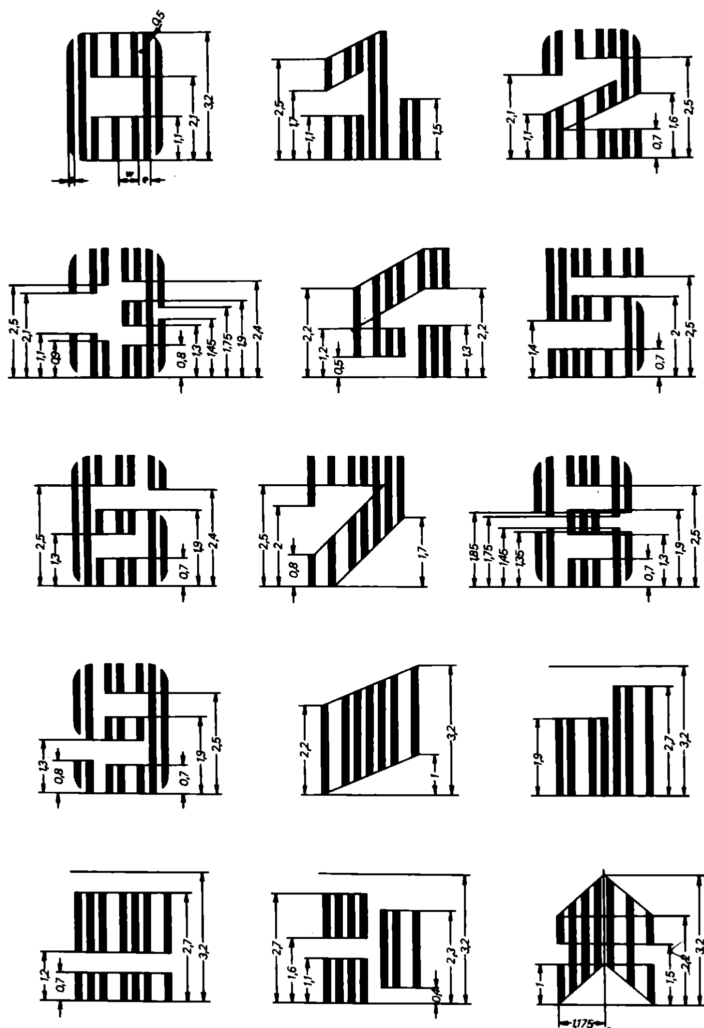

0,5
3,2
2,1
1,1
2,5
1,7
1,1
1,5
2,1
1,1
0,7
1,6
2,5
2,5
2,1
1,1
0,9
0,8
1,3
1,45
1,75
1,9
2,4
2,2
1,2
0,5
1,3
2,2
1,4
0,7
2
2,5
2,5
1,3
0,7
1,9
2,4
2,5
2
0,8
1,7
1,85
1,75
1,45
1,35
0,7
1,3
1,9
2,5
1,3
0,8
0,7
1,9
2,5
2,2
1
3,2
1,9
2,7
3,2
1,2
0,7
2,7
3,2
2,7
1,6
1,1
0,4
2,3
3,2
1
1,5
2,2
3,2
1,175

Fig. 1

e che quindi hanno molte migliaia di 'clienti', ha subíto negli ultimi anni un'autentica rivoluzione. Chi non ha mai visto una bolletta della luce o del telefono, l'estratto conto di una banca o una cartella delle tasse? Pochi di noi hanno pensato che questi fogli sono prodotti in modo automatico da un calcolatore elettronico. Vediamo come può nascere la bolletta della luce qualora venga utilizzata la possibilità di generare dei documenti che il calcolatore può direttamente leggere ed interpretare.

Un incaricato della società elettrica periodicamente effettua la lettura del nostro contatore e riporta su un modulo il dato letto. Il modulo utilizzato per questa operazione è un foglietto assai simile ad un assegno bancario e reca già stampato il nostro nome e cognome ed il numero del contatore. I caratteri utilizzati in queste stampe sono formati in un modo un po' insolito con tante barrette verticali (vedi fig. 1). Questo foglietto ritorna alla sede centrale dove una dattilografa, utilizzando una macchina speciale, ricopia il dato che rappresenta la lettura del contatore e ne comanda la stampa sull'ultima riga. Anche questo numero ha le cifre formate da tante barrette verticali e come gli altri dati del foglietto viene stampato con un particolare tipo di inchiostro che può essere magnetizzato. Questi caratteri sono detti CMC7 cioè « Caratteri Magnetici Codificati con 7 barrette » e consentono una lettura automatica del documento con apparecchiature relativamente poco costose.

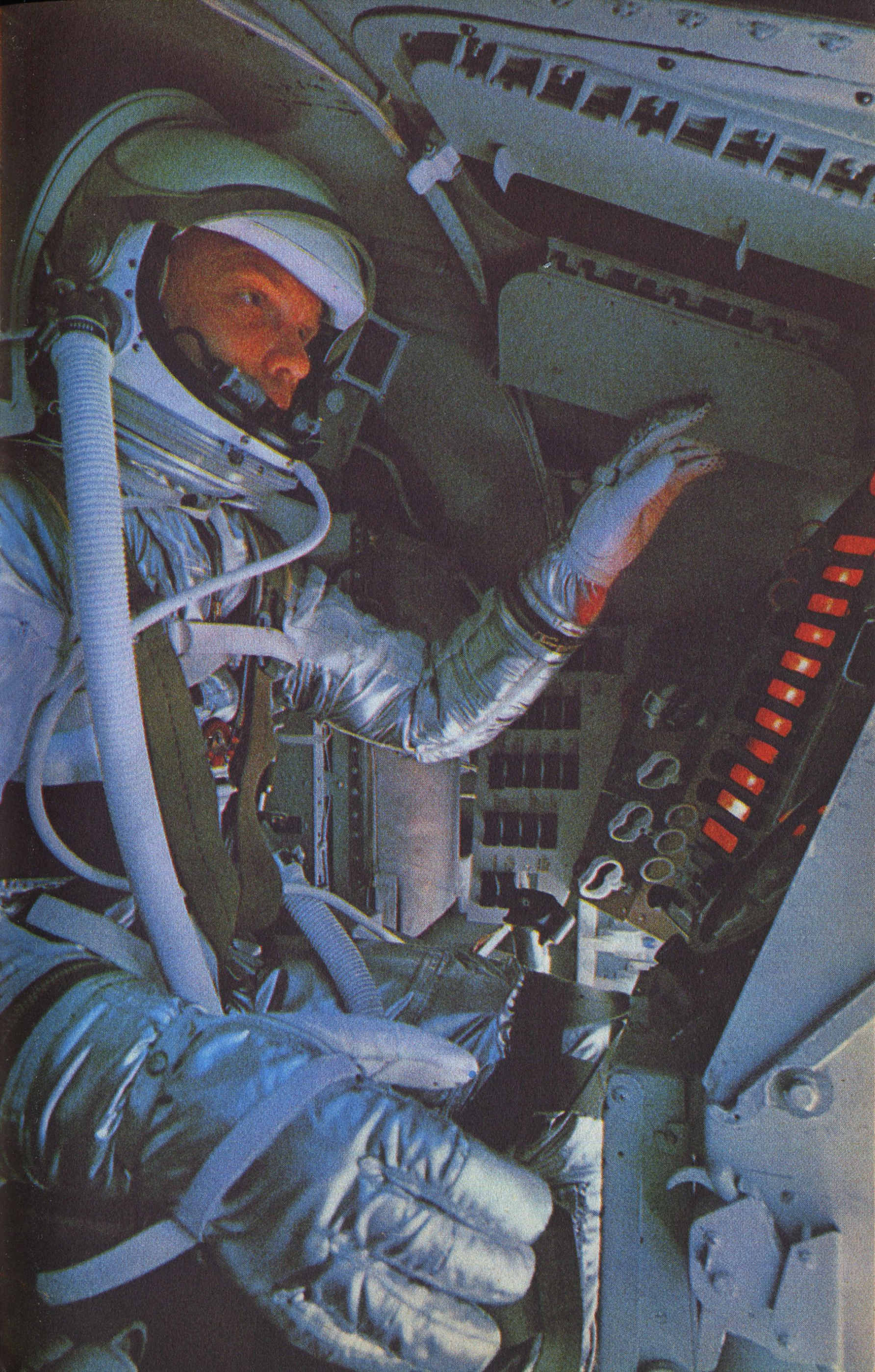
I documenti cosí preparati, vengono inseriti in una macchina detta « lettore di documenti magnetici » la quale fornisce automaticamente al calcolatore i dati stampati in CMC7. Appena ricevuti i dati di un utente, il calcolatore cerca nella sua memoria la corrispondente registrazione relativa al bimestre precedente, calcola i vari consumi ed in base a questi dati e ad altri fissi, fa il calcolo dell'importo, di varie tasse e del totale; alla fine stampa la bolletta e richiede al lettore i dati del successivo documento. Tutto questo lavoro può essere svolto al ritmo medio di circa 3 bollette al secondo cioè di circa 10.000 bollette all'ora! Mentre vengono eseguite le stampe

delle bollette sulla stampante numero uno, lo stesso calcolatore prepara su una seconda stampante i biglietti per il rilevamento dei consumi utilizzando, come già detto, i caratteri magnetici CMC7 e contemporaneamente vengono svolti dei calcoli di tipo statistico per determinare l'andamento dei consumi nelle varie zone o nei vari rioni del distretto.

Un'applicazione assai simile ma piú semplice è stata adottata per il controllo del pagamento dei canoni radiotelevisivi. Ogni abbonato riceve un libretto con il quale deve effettuare i versamenti, che non è altro che un pacchetto di schede meccanografiche sulle quali è stampato e perforato il nome dell'abbonato ed il numero dell'abbonamento. Queste schede vengono utilizzate come i normali moduli per contocorrente postale e quindi arrivano per posta al centro di calcolo della società di Radio-Diffusione. Qui vengono duplicate in modo automatico, cioè tutti i dati sono riperforati su schede nuove su cui viene aggiunto un codice che indica la durata dell'abbonamento e che dà altre indicazioni particolari. Queste nuove schede, che sono per il calcolatore l'unico documento che attesta l'avvenuto pagamento, vengono inserite in una macchina (il lettore di schede meccanografiche), che provvede ad inviarli al calcolatore. Quest'ultimo inizia il suo lavoro controllando i dati ricevuti ed ordinandoli in base al numero di abbonamento; in un secondo momento il calcolatore esegue un confronto tra l'elenco, o lista dei pagamenti, e la lista degli abbonati, segnalando, con altre schede perforate, i nominativi degli abbonati che sono in ritardo con il pagamento del canone.

I due lavori sopra citati sono dei lavori estremamente semplici, ma vengono compiuti centinaia di migliaia di volte, utilizzando milioni di dati e di schede e quindi non possono essere svolti lavorando a mano con i metodi tradizionali, se si vogliono dei risultati in un tempo accettabile di qualche settimana. Ad esempio per registrare i pagamenti dei canoni di un milione di abbonati, lavorando a mano occorrono circa 4000 giornate lavora-

Il pilota è pronto nella capsula spaziale



tive, il che significa circa 40 persone per 4 mesi con orario di oltre 8 ore al giorno, oltre ad un certo numero di altre persone che periodicamente vanno a correggere gli errori ed altre che ricercano negli schedari i nominativi degli impiegati in ritardo con il pagamento. Complessivamente si creerebbe una tale confusione che dopo qualche ora di lavoro non sarebbe piú possibile proseguire.

Accanto a queste due applicazioni, si presenta nel campo commerciale un'intera classe di lavori molto simili tra loro che possiamo indicare genericamente come « contabilità generale » e « contabilità industriale », nei quali l'impiego dei calcolatori elettronici si è dimostrato talmente utile ed economico che attualmente sono utilizzati in questi lavori circa la metà di tutti i calcolatori installati nel mondo. Un lavoro di contabilità automatica da svolgere con un calcolatore elettronico, comprende varie fasi tra cui appaiono sempre almeno le seguenti: fatturazione, paghe e stipendi, contabilità clienti, contabilità fornitori, contabilità di magazzino, suddivisione delle spese generali nei vari centri, programmazione della produzione e dei progetti, statistiche e calcoli finanziari.

5. PROGETTAZIONE AUTOMATICA CON CALCOLATORI ELETTRONICI

Da alcuni anni si stanno utilizzando i grossi calcolatori elettronici per semplificare il lavoro di progetto di apparecchiature meccaniche ed elettroniche molto complesse come i terminali delle linee di trasmissione dei dati, le centrali telefoniche, gli impianti radar e gli stessi calcolatori elettronici. Tutti questi sistemi infatti presentano, dal punto di vista realizzativo, alcuni problemi in comune anche se la logica dei vari progetti è abbastanza diversa.

Dopo lo studio preliminare del sistema, le idee del progettista vengono rappresentate in una forma grafica

convenzionale, affinché anche altri tecnici possano comprenderle. Da questo disegno — che viene detto anche schema logico — occorre poi ricavare lo schema elettrico del sistema, suddividerlo in parti e scrivere tutta la documentazione necessaria per l'officina che dovrà effettuare la costruzione e per i tecnici incaricati della manutenzione. Per fare manualmente tutto questo lavoro, è necessario un numero considerevole di persone ed il tempo impiegato è già dell'ordine di alcuni mesi per sistemi elettronici molto semplici.

Il calcolatore elettronico nel fare questo lavoro, sfrutta delle semplici leggi di associazione attirando su una stessa piastrina quei gruppi elettrici molto strettamente collegati ad altri ivi già presenti e ad ogni passo controlla di non avere superato i vincoli di spazio e di numero di collegamenti a disposizione.

Con un procedimento ripetitivo basato su moltissimi tentativi, nel giro di un'ora il calcolatore può suddividere l'apparecchiatura del tipo ora visto, in piastrine elementari e stampare tutti i documenti che sono necessari per la costruzione e la manutenzione del sistema. Per svolgere questo lavoro il calcolatore esegue all'incirca 2 miliardi di operazioni elementari tra cui le piú comuni sono le somme, le sottrazioni ed i confronti. Quando un calcolatore elettronico viene usato in questo modo, si dice che sta svolgendo un lavoro di « progettazione automatica », intendendo con ciò non che il calcolatore inventa qualcosa di nuovo (quindi a rigore il calcolatore non progetta niente) ma piuttosto nel senso che svolge un'opera di 'ingegnerizzazione' e di controllo di un progetto già completamente definito anche nei piú piccoli dettagli sia logici generali che elettrici delle singole parti.

Attualmente la progettazione automatica è diventata un normale metodo di lavoro presso tutte le industrie che costruiscono calcolatori elettronici e dal campo ristretto nel quale era nata — studio dei collegamenti e delle disposizioni di elementi elettrici — va estendendosi gradualmente verso la progettazione dei circuiti elettronici e delle macchine meccaniche.

6. IL TRADUTTORE ELETTRONICO

La necessità sempre piú sentita di tradurre i libri, le riviste e le note scientifiche dall'inglese al russo e viceversa, ha dato negli ultimi anni un notevole incremento all'impiego dei calcolatori elettronici come traduttori. Gli studi sulla struttura logica delle lingue principali e quelli sul riconoscimento delle forme scritte hanno pertanto ricevuto un impulso notevolissimo tanto che si può pensare di poter disporre tra pochi anni di macchine che leggano da sole i libri e le riviste ed eseguano la traduzione in modo automatico stampandola con la stessa impaginazione dei fogli originali.

Un altro procedimento di questo tipo, cioè la costruzione di un dizionario o archivio di parole e simboli grafici, viene utilizzato nei calcolatori elettronici destinati a leggere i manoscritti e a riconoscere la voce umana.

In queste macchine il riconoscimento delle parole non è affidata solo ai singoli simboli o ai singoli suoni, ma anche al modo in cui sono associati. Ad esempio le parole 'rana' e 'rada', possono essere confuse tra di loro se sono pronunciate un po' male, però si può comprendere dall'intera frase di quale delle due parole si tratta. Un altro esempio lo si può fare per il riconoscimento della parola scritta in figura 2 che può essere letta



Fig. 2

W. Von Braun nel centro I.B.M. di calcolo spaziale a Huntsville, Alabama
(foto I.B.M.)



come 'mio' oppure come 'uno' oppure come 'nno' ed infine anche come 'uuo'. Apparirà però subito da una ricerca sul dizionario che non possono essere le parole 'nno' e 'uuo' che non hanno nessun significato; quindi l'incertezza si restringe alle parole 'mio' ed 'uno'. In un secondo momento esaminando la struttura della frase si potrà capire ad esempio che la parola scritta è 'uno' e che il simbolo preso prima come il puntino della i, è solamente una macchia della carta.

Attualmente per fare questo riconoscimento, l'uomo è piú veloce delle macchine elettroniche e ciò principalmente perché l'uomo è dotato di fantasia ed è libero di cambiare criterio di riconoscimento senza dover andare per tentativi, mentre la macchina è necessariamente costretta a seguire schemi fissi di lavoro e procedure che possono essere anche molto lunghe.

7. LE APPLICAZIONI SCIENTIFICHE E TECNICHE

I lavori statistici e quelli tecnici sono stati il primo campo, in ordine logico e cronologico, di applicazione dei calcolatori elettronici.

In ordine cronologico, subito dopo le applicazioni scientifiche furono affrontati coi calcolatori elettronici problemi tecnici ritenuti fino ad allora praticamente insolubili. Problemi tecnici tipici sono:

- il calcolo di costruzioni metalliche come tralicci e ponti in acciaio;
- il calcolo dei motori e della struttura delle navi;
- i grossi calcoli di idraulica (dighe) e di ingegneria civile (volte sottili);
- il calcolo delle strutture e dei motori per aerei;
- gli studi di fisica atomica;
- il calcolo delle antenne per microonde (radar e comunicazioni con i satelliti);
- l'esame dei sismogrammi per le ricerche petrolifere;
- i calcoli di astronomia.

Negli ultimi anni, infine, si è andato sempre piú diffondendo l'uso del calcolatore elettronico come organo di controllo per le piú svariate apparecchiature ed impianti industriali come ad esempio:

- il controllo dei processi di distillazione del petrolio e di fabbricazione dei prodotti chimici in genere;
- il controllo automatico delle macchine utensili;
- il controllo della rotta e la stabilizzazione delle navi;
- il controllo automatico del traffico aereo e del traffico aeroportuale;
- il controllo di qualità delle grandi produzioni in serie (gomme, cuscinetti a sfere, transistori, micrologici).

Se si cerca di classificare i vari tipi di lavori svolti dai calcolatori elettronici, si possono trovare oltre 800 campi di applicazione diversi, e se leggiamo le statistiche delle vendite di queste macchine fino al 1967, notiamo che risultano installati circa 44.000 calcolatori elettronici e che ci sono ordini per altri 24.000.

Le cause di una cosí vasta diffusione del calcolatore elettronico nel mondo, si possono ricercare essenzialmente in tre motivi:

1. Rapidità di calcolo, esprimibile con il numero di somme eseguite in un secondo.

2. Sicurezza dei risultati, esprimibile con il numero di errori riscontrati ogni 1000 ore di funzionamento.

3. Risparmio di denaro, esprimibile come differenza tra il costo mensile del calcolatore elettronico e il costo mensile degli impiegati o degli altri impianti necessari per svolgere lo stesso lavoro.

SCHEMA DEL CAPITOLO I

campi di applicazione dei calcolatori elettronici

APPLICAZIONI SCIENTIFICHE

- calcoli molto complessi
- macchine binarie molto veloci
- memoria di media dimensione
- poche e semplici unità periferiche

ottica • mineralogia

- calcolo obiettivi fotografici
- analisi spettrografica
- aereofotogrammetria (studi)
- studi sui cristalli
- analisi dei sismogrammi

scienza delle costruzioni

- strutture metalliche
- ponti
- dighe
- canali

ingegneria meccanica

- costruzioni navali
- progetto di turbine
- progetto di motori Diesel
- calcolo di camme

ingegneria aerospaziale

- progetto aerei e razzi
- telemetria
- controllo dei satelliti

CONTROLLO

- calcoli di media complessità
- macchine binarie molto veloci
- memoria di piccola o media dimensione
- unità periferiche speciali e molto varie

traffico

- misura il traffico stradale e comanda i semafori
- controllo del traffico degli aeroporti

processi chimici

- controllo della distillazione del petrolio
- controllo della combustione

sistemi

- calcolo della rotta delle navi e degli aerei
- guida satelliti
- controllo reti radar

qualità

- di prodotti meccanici (cuscinetti a sfere)
- di prodotti elettronici (transistori)
- di prodotti chimici

APPLICAZIONI COMMERCIALI
- calcoli molto semplici con un gran numero di dati
- macchine decimali
- memoria di media e grande dimensione
- numerosissime unità periferiche

fatturazioni speciali
- abbonamenti TV
- bollette luce, gas, telefono
- cartelle delle tasse

contabilità e amministrazione
- fatturazione
- contabilità di magazzino
- contabilità dei clienti e dei fornitori
- paghe e stipendi

contabilità industriale
- calcolo dei costi
- organizzazione di linee di montaggio
- piani di sviluppo di nuovi impianti

applicazioni matematiche e applicazioni speciali
- calcoli di estrema complessità
- macchine binarie velocissime
- memoria di grandissima dimensione
- poche unità periferiche (talora costosissime)

matematica
- risoluzione di sistemi di equazioni differenziali
- calcoli statistici e biometrici
- calcolo matriciale

NB. Semplicissime unità periferiche

riconoscimento ottico e riconoscimento della voce umana
- unità periferiche costosissime per poter leggere e per poter capire la voce umana

traduzione automatica
- lettore ottico
- stampati già impaginati

2

LA RAPPRESENTAZIONE DELLE INFORMAZIONI

Nell'interno dei calcolatori elettronici, le informazioni circolano sotto forma di impulsi elettrici. Questi impulsi elettrici sono associati alle parti elementari dell'informazione, cioè ai caratteri, intendendo per carattere sia una cifra numerica che una lettera alfabetica, che un segno speciale come & ! %.

La legge di associazione tra i segnali elettrici ed i caratteri, viene detta « sistema di codificazione » o piú semplicemente « codice » del calcolatore. Nei calcolatori elettronici è molto importante la scelta di un opportuno codice per la rappresentazione delle cifre dei numeri, perché a questa scelta è legata una maggiore o minore semplicità dei circuiti elettronici necessari per eseguire le operazioni aritmetiche e logiche.

1. I SISTEMI DI NUMERAZIONE

Il sistema di numerazione che l'uomo usualmente adotta è il sistema decimale. Nel sistema decimale i numeri vengono rappresentati con piú cifre associando a ciascuna di esse un 'peso' in dipendenza dalla posizione occupata rispetto alla virgola. Ad esempio il numero '1967' non è altro che la scrittura sintetica dell'espressione:

$$1 \times 1000 + 9 \times 100 + 6 \times 10 + 7 \times 1$$

e quindi il peso delle varie cifre nel sistema decimale è dato dalle successive potenze di 10. Tali potenze possono essere scritte anche come: 10^0, 10^1, 10^2, 10^3 e cosí via, con la convenzione di porre $10^0 = 1$; chiameremo 'ordine' di una cifra, l'esponente della potenza di 10 per cui tale cifra si intende moltiplicata. Il numero '1967' potrà quindi essere scritto anche come:

$$1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 7 \times 10^0$$

e dire che la cifra di 'ordine due' è il 9.

Il numero 10 però, a rigore non ha nessun motivo preferenziale per essere scelto come 'base' della numerazione; infatti un qualsiasi numero, ed in particolare qualsiasi numero intero, può essere utilizzato come 'base'.

Motivi di carattere storico ed antropologico, legati al fatto che i primi uomini facevano i conti con le dita delle mani, fecero sí che si diffondesse spontaneamente in tutto il mondo il sistema decimale anche se questo sistema da un punto di vista puramente logico non è certamente il migliore. La traccia di un antico sistema di numerazione non decimale resta ai giorni nostri nei modi, universalmente riconosciuti, di misurazione degli angoli e del tempo; tale sistema aveva come base il numero 12.

La scelta del sistema di numerazione da adottare nei calcolatori elettronici, può essere fatta in modo casuale basandosi su motivi di simpatia verso un dato numero, oppure seguendo la tradizione che fissa a 10 tale valore, oppure infine tenendo presente la struttura ed il funzionamento dei circuiti che si impiegheranno nella macchina per fare i calcoli. Quest'ultimo motivo portò a fissare il numero 2 come base per la rappresentazione dei numeri nei calcolatori elettronici numerici.

Nel sistema in base 2, detto anche sistema binario puro, i numeri vengono rappresentati con le successive potenze di 2 e quindi se si vuole ad esempio rappresentare il numero 165 si dovrà fare la seguente scomposizione:

$$165 = 128 + 32 + 4 + 1 =$$
$$= 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 +$$
$$+ 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

ed indicare con 'sí' o 'no', oppure con 1 e 0, o con punto e linea o con ▲ e ▲, la presenza o l'assenza di una certa potenza di 2 nella scomposizione eseguita. Il numero 165 potrà quindi essere rappresentato nel sistema binario puro in uno dei seguenti modi equivalenti:

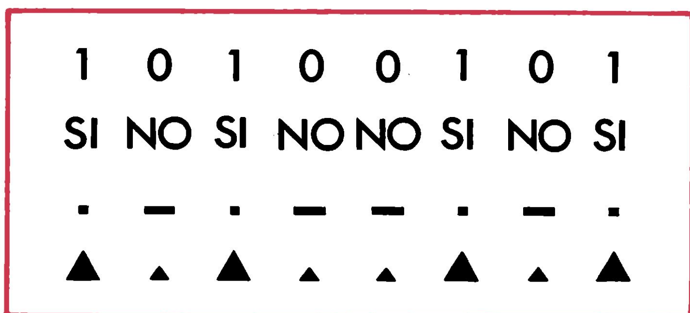


Fig. 3

Nel sistema binario quindi i numeri sono rappresentabili utilizzando due soli simboli che possono essere facilmente associati a grandezze fisiche a due valori come ad esempio le tensioni di 10 e 0 volt, oppure le due posizioni di un interruttore (aperto o chiuso), o la presenza e l'assenza di un foro, o infine la magnetizzazione in un verso o nel verso contrario di un anellino di ferrite.

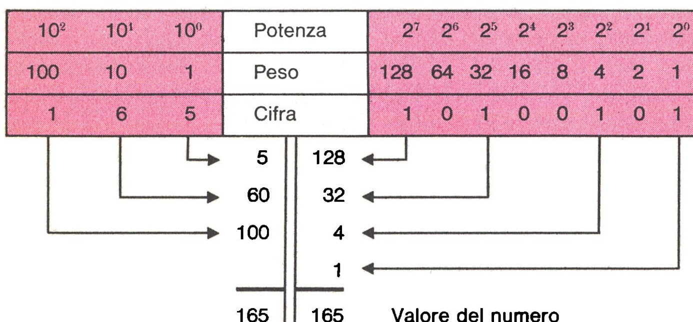
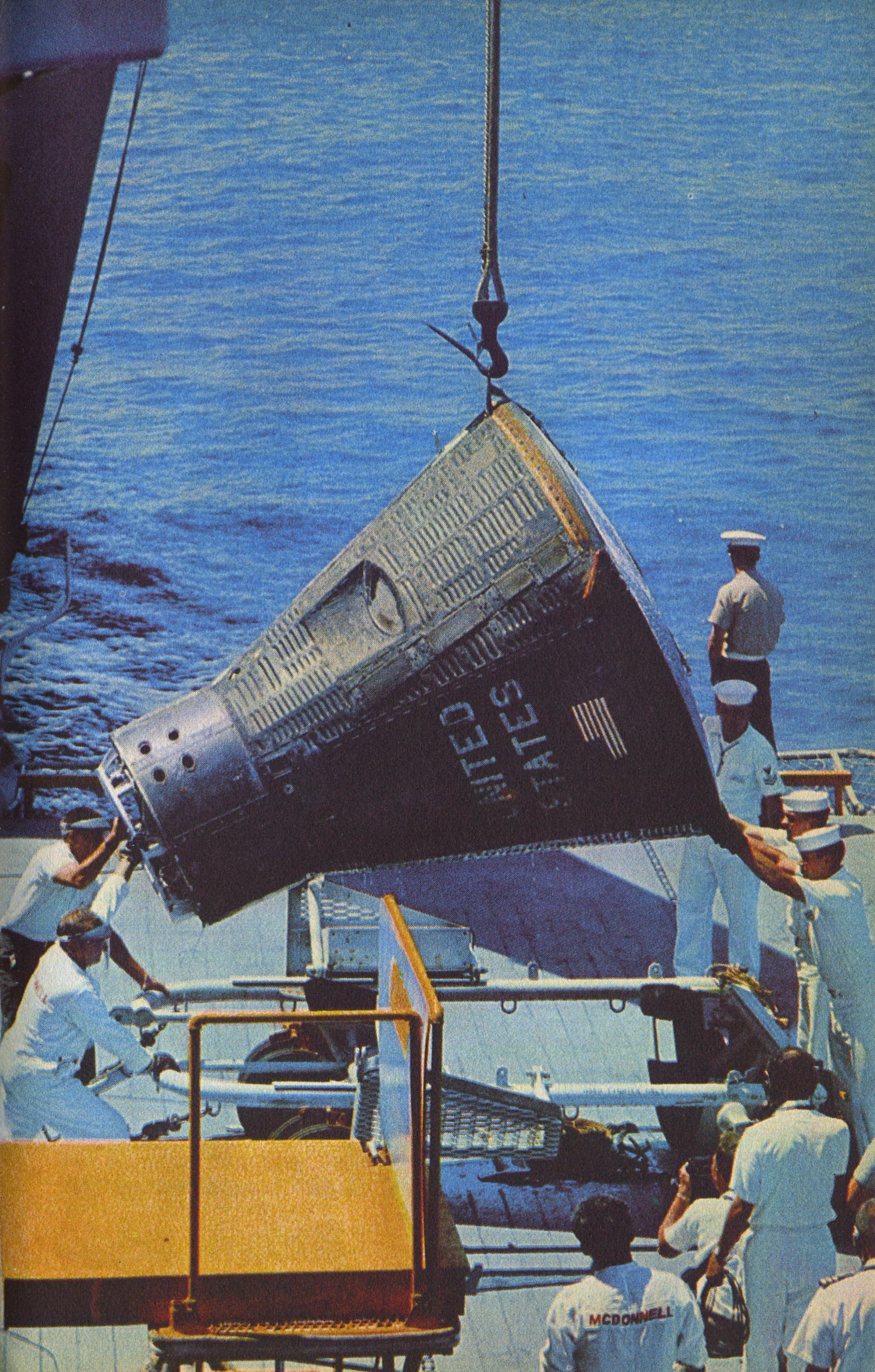


Fig. 4 Ricostruzione del valore di un numero codificato in decimale e in binario

Il recupero della capsula spaziale Gemini V (viene issata sulla portaerei "Lake Champlain")


MCDONNELL

Il fatto di utilizzare solo due valori delle grandezze fisiche in gioco, consente di ottenere una sicurezza di funzionamento decisamente piú elevata di quella ottenibile con macchine ugualmente accurate nel progetto e nella costruzione ma che utilizzano una rappresentazione non binaria per i numeri (ad esempio una rappresentazione ternaria oppure decimale). Infatti se in un certo calcolatore si fa la convenzione che la tensione di 10 volt rappresenti il valore '1' binario e che la tensione di 0 volt rappresenti il valore '0' binario, si possono costruire i circuiti in modo che tutti i valori di tensione compresi tra 10 e 7 volt siano associati all''1' e tutte le tensioni comprese tra 0 e 3 volt siano associate allo '0'. In tal modo dei disturbi anche molto grandi (ad esempio fino al 30% della massima tensione presente nella macchina) non dànno origine ad errori e solo dei segnali veramente anomali, compresi nella fascia tra i 3 ed i 7 volt, possono causare dei malfunzionamenti (vedi fig. 5). Se i valori da rappresentare sono piú di due, non è possibile lasciare delle fasce di sicurezza tra i valori di tensione accettati cosí ampie come si era fatto nel caso precedente, ed inoltre non sono piú accettabili dei grossi disturbi. Questo significa che aumenta la probabilità di trovare dei segnali anomali durante il funzio-

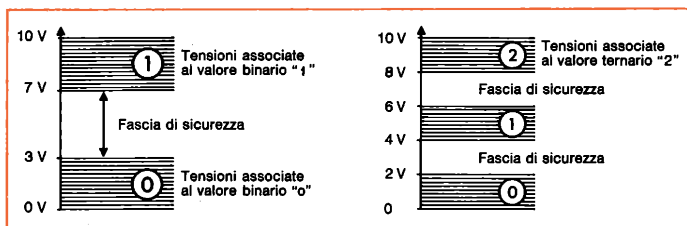


Fig. 5

namento del calcolatore. Tenuto presente che un errore di un singolo circuito binario può avere una probabilità su un milione di verificarsi durante le prime mille ore di funzionamento, si vede subito che la probabilità di un guasto nelle prime mille ore di funzionamento di un

sistema di media dimensione formato da circa 10.000 circuiti elementari è già dell'1%. Qualora i circuiti non fossero binari, la probabilità di errore del singolo circuito sarebbe enormemente accresciuta e la probabilità di avere un guasto sul sistema elettronico, raggiungerebbe il valore dell'1% già dopo poche ore. Quindi oltre che per la semplicità della rappresentazione, il codice binario è ormai universalmente adottato soprattutto per motivi di 'affidamento', cioè di sicurezza nelle elaborazioni. Col sistema binario puro, è possibile rappresentare sia i numeri interi che quelli decimali.

Riprendendo l'analogia con i numeri decimali, si vede che il numero '0,7125' altro non è che la scrittura sintetica dell'espressione:

$$(7 : 10) + (1 : 100) + (2 : 1000) + (5 : 10.000)$$

cioè:

$$(7 \times 10^{-1}) + (1 \times 10^{-2}) + (2 \times 10^{-3}) + (5 \times 10^{-4}).$$

Analogamente si interpreta il numero binario '0,101101':

$$(1 \times 2^{-1}) + (1 \times 2^{-3}) + (1 \times 2^{-4}) + (1 \times 2^{-6})$$

cioè

$$(1 : 2) + (1 : 8) + (1 : 16) + (1 : 64) = 0{,}7125 \text{ decimale.}$$

Per i numeri negativi sono possibili varie rappresentazioni tra cui la piú semplice consiste nello scrivere in qualche modo il segno 'meno' algebrico alla sinistra del numero. In questo caso il calcolatore dovrà poter riconoscere il segno algebrico dei numeri per poter svolgere correttamente le operazioni e per scegliere vie diverse in dipendenza dal segno dei termini della operazione. Questo metodo è utilizzato sia nel sistema decimale che nel sistema binario.

Un altro metodo utilizzato nel sistema decimale per rappresentare i numeri negativi è quello del complemento a 9 e del complemento a 10, con il quale è possibile non eseguire l'operazione di sottrazione sostituendola con una operazione di 'complementazione' seguita da una somma. Usando numeri con 4 cifre,

ad esempio, il complemento a 10 del numero 27 è: $(9999 - 27 + 1) = 9973$ e la sottrazione $137 - 27$ viene eseguita nel seguente modo:

$$\begin{array}{r} 137\,- \\ 27 = \\ \hline 110 \end{array} \quad \text{cioè:} \quad \begin{array}{r} 137\,+ \\ 9973 = \\ \hline 1;0110 \end{array}$$

in cui si può ignorare il riporto in quanto appare piú a sinistra della quarta cifra. Questo metodo può essere immediatamente esteso ai numeri binari sotto forma di 'complemento a due', notando che scambiando tutti gli '1' con altrettanti '0' e viceversa, si ottiene immediatamente il complemento a uno del numero dato. Ad esempio la sottrazione $(13 - 7) = 6$, viene cosí svolta:

$$(1101 - 0111) = (1101 + 1000 + 0001) =$$
$$= (1;0110) = (0110).$$

2. I SISTEMI DECIMALI CODIFICATI

Dopo aver visto che il sistema binario è un sistema di rappresentazione dei numeri che ben si adatta alla struttura dei calcolatori elettronici, vediamo i problemi che si possono presentare all'utilizzatore di un calcolatore numerico. L'uomo trova piú efficiente e comodo rappresentare i numeri nel sistema decimale e quindi tutti i dati che vengono forniti dall'uomo al calcolatore e le risposte date da questo, devono essere sempre dei dati decimali. D'altronde, supposto che il calcolatore lavori nel sistema binario puro, questi dati non sono direttamente utilizzabili dalla macchina e quindi è indispensabile prevedere degli organi che eseguano la conversione da decimale in binario e viceversa utilizzando un criterio che sia facilmente realizzabile con circuiti elettronici. Per fare la conversione da decimale in binario il metodo piú utilizzato è il seguente: sia ad esempio 19 il numero da convertire. Si eseguono delle successive

divisioni per 2 scrivendo il valore dei resti ottenuti, fino ad ottenere un quoziente nullo; a questo punto il numero binario corrispondente al dato decimale si ottiene leggendo i resti in ordine inverso. Cioè:

19 : 2 = 9 con resto 1
9 : 2 = 4 con resto 1
4 : 2 = 2 con resto 0
2 : 2 = 1 con resto 0
1 : 2 = 0 con resto 1

quindi il numero decimale 19 corrisponde al numero binario (10011). Questo tipo di conversione può essere costoso dal punto di vista circuitale e molte volte viene svolto dal calcolatore come un vero e proprio programma.

Un compromesso tra facilità di elaborazione dei dati e semplicità di rappresentazione degli stessi, si ottiene utilizzando i sistemi binari-decimali o decimali-codificati. In questi sistemi il numero viene diviso nelle cifre decimali che lo compongono ed ogni cifra viene convertita in binario puro, indipendentemente dalla posizione che occupa nel numero ed indipendentemente dalle altre cifre. Dato che le cifre del sistema decimale sono 10, per rappresentarle in un generico sistema binario sono necessari almeno 4 bit (forma contratta da *BI*nary digi*T* = cifra binaria in inglese); questo non esclude ovviamente che si possano scegliere dei particolari sistemi di rappresentazione delle 10 cifre, in cui appaiono 5, 7 o anche 10 bit. Nei sistemi decimali codificati quindi, la rappresentazione del numero avviene sotto forma di codice, cioè di legge di associazione tra caratteri decimali e particolari raggruppamenti di bit. Il codice può avere un significato aritmetico, oppure può esserne privo dato che la scelta delle possibili associazioni può essere legata a motivi d'ordine interno del calcolatore e principalmente a semplificazioni dell'organo aritmetico (questo accadeva in special modo sulle prime macchine).

Il sistema semi-binario, detto anche sistema decimale codificato in binario (in inglese BCD = Binary Coded Decimal), è il sistema di numerazione attualmente piú

diffuso per le operazioni decimali nei moderni calcolatori elettronici ed è l'unico dei sistemi decimali codificati in cui si mantenga un significato aritmetico alla rappresentazione delle cifre decimali; in esso infatti ogni cifra è individuata con il codice corrispondente al suo valore espresso nel sistema binario puro. La semplicità di questo codice è tale per cui chiunque può in breve tempo imparare a riconoscere qualsiasi numero, dato che è necessario imparare a memoria le sole rappresentazioni dei numeri da 0 a 9. Dato che utilizzando 4 bit sono possibili anche delle configurazioni non decimali, queste vengono indicate simbolicamente con le lettere dell'alfabeto da A ad F (vedi tabella 1).

Tabella 1

CIFRA	CODICE SEMI-BINARIO	
0	0 0 0 0	
1	0 0 0 1	
2	0 0 1 0	
3	0 0 1 1	
4	0 1 0 0	
5	0 1 0 1	Configurazioni
6	0 1 1 0	'decimali'
7	0 1 1 1	
8	1 0 0 0	
9	1 0 0 1	
A	1 0 1 0	
B	1 0 1 1	
C	1 1 0 0	Configurazioni
D	1 1 0 1	'non decimali'
E	1 1 1 0	
F	1 1 1 1	

Il numero 55 che nel sistema binario puro viene scritto come (110111), nel sistema semi-binario viene rappresentato come (0101 0101); per rappresentare il numero 5379 in binario sono necessari alcuni calcoli che a memoria risultano piuttosto difficili, mentre nel sistema semi-binario la rappresentazione è immediata e cioè: 5379 = (0101 0011 0111 1001). Questa facilità di conver-

Il calcolatore elettronico della Gemini durante il rendez-vous *nello spazio esegue 12 milioni di operazioni in 32 minuti equivalenti a 4 anni di calcolo manuale dei due astronauti* (foto I.M.B.)


IBM

sione da decimale a semi-binario, e viceversa, si traduce in una notevolissima semplificazione delle apparecchiature di conversione tanto che queste possono essere di tipo elettromeccanico come le tastiere dei piccoli calcolatori elettronici da tavolo del tipo « Programma 101 » o come le stampanti del tipo Telescrivente o « Selectric ».

Oltre al sistema semi-binario ora visto, tra i sistemi decimali codificati vanno ricordati i sistemi a complementazione automatica ed i sistemi con facilità di controllo o auto-protetti.

3. LE OPERAZIONI NEI SISTEMI DECIMALI CODIFICATI

Nei sistemi decimali codificati, lo schema delle operazioni segue esattamente il procedimento che noi utilizziamo normalmente nel fare i calcoli a mano. L'unica differenza tra il calcolo decimale e quello decimale codificato, è che in quest'ultimo le operazioni decimali sono ricondotte ad operazioni binarie sulle singole cifre, mentre nel primo caso le operazioni sono risolte direttamente con la tabellina pitagorica e con la tavola delle somme. La tabella pitagorica e la tabella delle somme per le operazioni binarie sono invece talmente semplici che si possono realizzare dei semplici circuiti elettronici per svolgere queste operazioni.

Tabella 2 • LE SOMME NEL SISTEMA DECIMALE

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Tabella 3

SOMME E TABELLA PITAGORICA NEL SISTEMA BINARIO

	0	1
0	0	1
1	1	10 Riporto

	0	1
0	0	0
1	0	1

La somma di due dati rappresentati nel sistema semi-binario, viene eseguita in due tempi: dapprima si eseguono le somme delle singole cifre lavorando in binario e tenendo conto dei riporti, poi si correggono le configurazioni di bit che non sono quelle decimali (vedi tabella 1). Ad esempio la somma (59 + 119) viene cosí eseguita:

(0000 0101 1001) +	(059) +
(0001 0001 1001) =	(119) =
(0001 0111 0010)	(172)
r	r

I termini che hanno dato luogo a riporto e gli eventuali termini non decimali vengono successivamente corretti sommando ad essi il numero 6 (cioè 0110 in binario) ottenendo alla fine il valore corretto della somma. Nel caso ora visto, resta da eseguire questa correzione:

$$\underset{r}{(0010)} + (0110) = (1000)$$

cioè:

$$\underset{r}{172} = 172 + 6 = 178.$$

Questo modo di procedere viene rappresentato in modo completo tramite una tabella.

Tabella 4

TOTALE DECIMALE	COMBINAZIONE BINARIA	COMBINAZIONE SEMI-BINARIA
0	0 0000	0000
1	0 0001	0001
2	0 0010	0010
3	0 0011	0011
4	0 0100	0100
5	0 0101	0101
6	0 0110	0110
7	0 0111	0111
8	0 1000	1000
9	0 1001	1001
10	0 1010	0000 Riporto = 1
11	0 1011	0001 Riporto = 1
12	0 1100	0010 Riporto = 1
13	0 1101	0011 Riporto = 1
14	0 1110	0100 Riporto = 1
15	0 1111	0101 Riporto = 1
16	1 0000	0110 Riporto = 1
17	1 0001	0111 Riporto = 1
18	1 0010	1000 Riporto = 1
19	1 0011	1001 Riporto = 1

La stessa operazione nel codice ad eccesso 3 viene eseguita in modo analogo al precedente salvo un ciclo di correzione piú pesante del precedente:

(0011 1000 1100)	+	1° addendo 59
(0100 0100 1100)	=	2° addendo 119
(0111 1101 1000)		Somma
r		
(1101 1101 0011)		Correzione
(0100 1010 1011)		Risultato = 178.

Nel ciclo di correzione alle cifre che non hanno dato luogo a riporto, si toglie 0011, cioè si somma 1101, mentre a quelle che hanno dato luogo a riporto si somma 0011. Il vantaggio che si ottiene nell'utilizzare il codice

Il centro elettronico della FIAT sezione ricambi
(foto FIAT)


olivetti

'ad eccesso tre' rispetto al codice semi-binario, consiste nel risparmio di alcuni componenti elettronici nel circuito che esegue il primo ciclo di somma e dà la segnalazione del riporto.

La sottrazione, utilizzando il codice semi-binario, richiede il calcolo del complemento a 10 del sottraendo e il calcolo di una normale somma decimale. Nel caso del codice 'ad eccesso tre', l'operazione di complementazione è piú semplice richiedendo lo scambio di tutti i bit !1' con altrettanti bit '0' e viceversa oltre alla somma di 1 sulla cifra meno significativa.

La moltiplicazione nei calcolatori elettronici piú diffusi viene di solito svolta con somme successive ed opportuni allineamenti dei numeri. Cosí ad esempio la moltiplicazione (133 × 112) viene eseguita come:

```
112          { 133 +
||-----------> 133 +
|----------->  133 +
----------->  133  =
             ------
             14896
```

e questo stesso procedimento di calcolo viene seguito anche nelle macchine in cui, mancando un esplicito comando per la moltiplicazione, si utilizza un programma per svolgere quest'operazione. In certi calcolatori molto veloci, utilizzati per applicazioni speciali nel campo della missilistica e per la ricerca scientifica, la moltiplicazione viene eseguita direttamente tramite la tabella pitagorica del sistema di numerazione in base 16. Queste macchine riescono a svolgere oltre mezzo milione di moltiplicazioni al secondo!

4. I CODICI DEI CALCOLATORI

I calcolatori elettronici hanno la necessità di rappresentare anche una gran varietà di simboli oltre ai numeri e quindi sono strutturati in modo che ogni singolo carattere della loro memoria contenga un numero di bit sufficiente a rappresentare tutti i simboli voluti.

Si è già visto al primo paragrafo di questo capitolo che cosa si intende per 'codice'; orbene per i calcolatori il sistema di codifica prevede almeno 64 caratteri diversi (codice a 6 bit), mentre sono usuali anche altri codici a 7 e 8 bit che consentono di rappresentare 128 o 256 simboli diversi (ovviamente non tutti i simboli hanno una rappresentazione grafica).

Tra tutti i codici proposti per i calcolatori elettronici e per la trasmissione di dati lungo i canali telefonici, alcuni sono diventati piú importanti di altri o per l'enorme diffusione delle macchine che li utilizzano (codici standard di fatto) o per accordo comune tra i costruttori di apparecchiature elettroniche (codici standard ufficiali). Recentemente l'ISO (International Standard Organization) ha proposto un codice universale per la rappresentazione dei caratteri alfabetici e numerici, di alcuni caratteri speciali e dei comandi che vengono utilizzati nei centri di trasmissione dati per instradare in modo automatico il messaggio alla giusta apparecchiatura ricevente. Questo codice è molto importante perché unifica il modo di rappresentare i messaggi che si scambiano tra loro le telescriventi o i calcolatori elettronici facendo un po' d'ordine in un campo in cui ogni costruttore fino a qualche anno fa faceva cose diverse o addirittura contrastanti con quelle fatte dagli altri con gravi disagi nei collegamenti di sistemi diversi. I codici standard internazionali sono attualmente il codice ISO a 7 bit ed il codice ASCII che ne rappresenta la naturale estensione a 8 bit. Il codice ASCII (American Standard Code for Information Interchange) è stato proposto dalla sezione americana dell'ISO per i moderni calcolatori che hanno la memoria organizzata a 'bytes' cioè a gruppi di 8 bit. Nelle tabelle 5 e 6 sono riportati questi due codici; nel codice a 7 bit, le prime due colonne sono riservate ai servizi (ad esempio Bell = campanello; BS = Back Space = ritorno indietro di un passo; CR = ritorno carrello), le colonne 5, 6, 7 e 8 sono riservate ai caratteri alfabetici, la colonna 4 è riservata alle cifre e la colonna 3 contiene infine dei simboli speciali. Nel codice ASCII si possono ancora riconoscere queste 8 colonne che sono

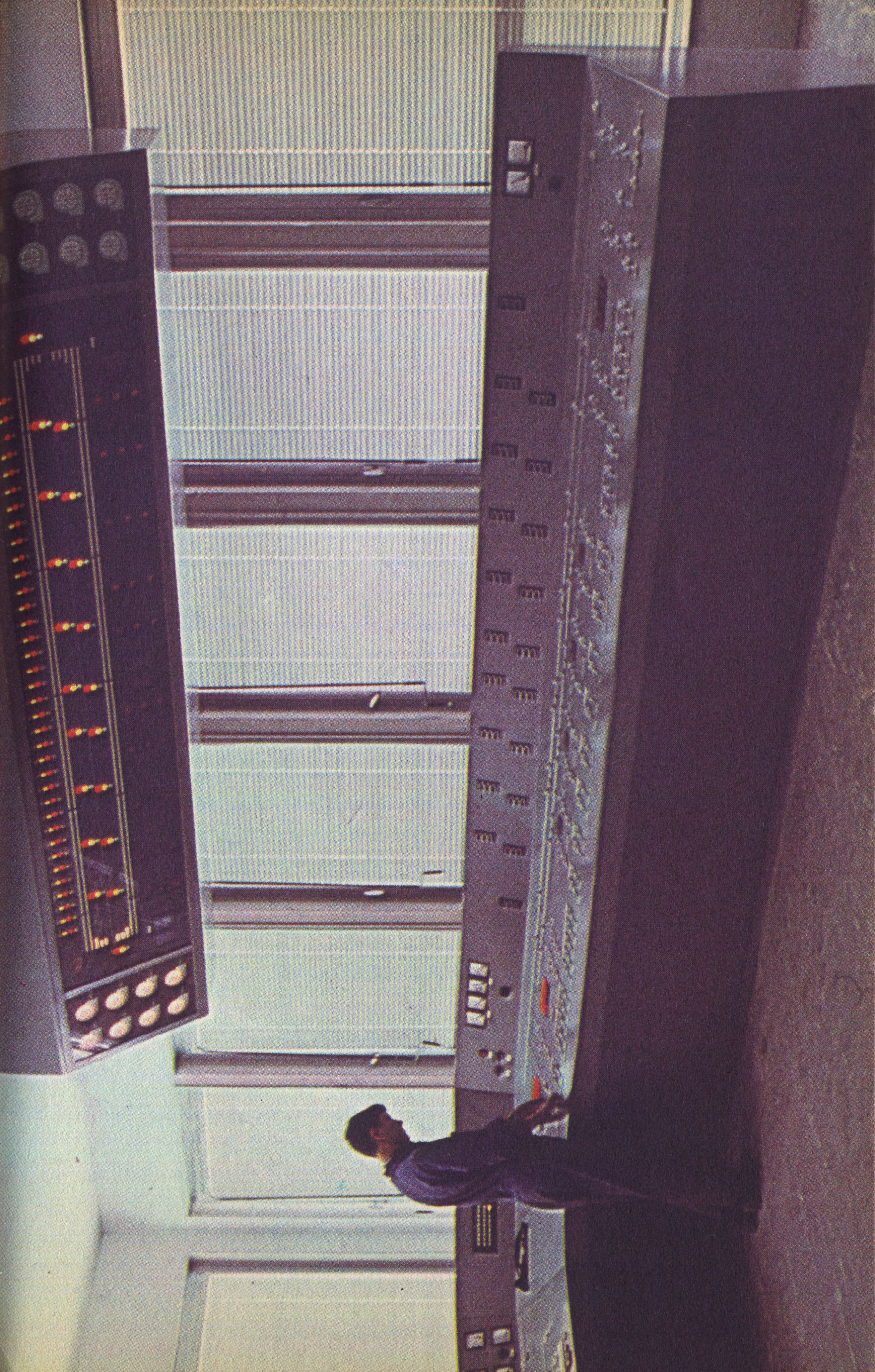
Tabella 5

			b_7	0	0	0	0	1	1	1	1
			b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
			b_5	0	1	0	1	0	1	0	1
b_4	b_3	b_2	b_1								
0	0	0	0	NULL	DLE	blank	0		P	@	p
0	0	0	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0	0	1	1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	ENQ	NACK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	ACK	SYNC	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	BELL	ETB	’	7	G	W	g	w
1	0	0	0	BS	CNCL	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	LF	SS	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	VT	ESC	+	;	K		k	
1	1	0	0	FF	FS	,	<	L		l	
1	1	0	1	CR	GS	-	=	M		m	
1	1	1	0	SO	RS	.	>	N		n	
1	1	1	1	SI	US	/	?	O		o	DEL

le uniche, delle 16 complessive, alle quali è associato un simbolo grafico o il comando di un servizio; alle altre 8 colonne non si sono per ora associati simboli particolari e quindi nella tabella 6 sono lasciate in bianco.

Accanto a questo codice standard ufficiale, continuano a prosperare anche altri codici che, come si è detto, a causa della diffusione avuta, possono essere considerati ugualmente importanti; tra questi ci sono il

La sala comando del sistema elettronico che controlla il traffico nella galleria del Monte Bianco
(foto Lotti)



codice Hollerith o codice delle schede perforate ed il codice EBCDIC adottato dall'IBM per i nuovissimi calcolatori della serie 360.

Tabella 6

			b_8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
			b_7	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
			b_6	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
			b_5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
b_4	b_3	b_2	b_1																
0	0	0	0	NULL	DLE			blank	0					@	P			@	p
0	0	0	1	SOH	DC1			!	1					A	Q			a	q
0	0	1	0	STX	DC2			"	2					B	R			b	r
0	0	1	1	ETX	DC3			#	3					C	S			c	s
0	1	0	0	EOT	DC4			$	4					D	T			d	t
0	1	0	1	ENQ	NACK			%	5					E	U			e	u
0	1	1	0	ACK	SYNC			&	6					F	V			f	v
0	1	1	1	BELL	ETB			'	7					G	W			g	w
1	0	0	0	BS	CNCL			(	8					H	X			h	x
1	0	0	1	HT	EM			)	9					I	Y			i	y
1	0	1	0	LF	SUB			*	:					J	Z			j	z
1	0	1	1	VT	ESC			+	;					K	[			k	{
1	1	0	0	FF	FS			,	<					L	\			l	|
1	1	0	1	CR	GS			–	=					M	]			m	}
1	1	1	0	SO	RS			.	>					N	¬			n	~
1	1	1	1	SI	US			/	?					O	—			o	DEL

5. I SUPPORTI DELLA INFORMAZIONE

Si è ampiamente visto come i codici consentano una associazione tra bit e caratteri e si sono viste alcune tabelle che illustrano questa legge di associazione.

Vediamo ora come è possibile realizzare fisicamente questa corrispondenza, rappresentando il bit '1' con la presenza di un foro ed il bit '0' con l'assenza del foro su un generico supporto cartaceo.

Fig. 6 ▶

&-0123456789 ABCDEFGHIJKLMNOPQR/STUVWXYZ .$,# <*%@

Scheda meccanografica tipo IBM Questa scheda è un cartoncino rettangolare di circa 183 × 81 millimetri e presenta di solito un angolo smussato (in alto a sinistra con angolo di 60 gradi). I fori sono rettangolari (circa 1 × 3 mm) e le perforazioni possono essere effettuate in 960 posizioni disposte su 12 righe e 80 colonne. I fori che rappresentano i bit di un dato carattere sono tutti sulla stessa colonna; dei numeri scritti sul bordo inferiore della scheda, consentono di leggere il numero della colonna sulla quale è stata fatta la perforazione. Complessivamente si possono rappresentare 80 caratteri (vedi figura 6), i quali possono anche essere stampati sul bordo superiore della stessa scheda.

Schede meccanografiche tipo Remington Anche questa scheda è un cartoncino rettangolare di 160 × 72 millimetri e presenta un angolo smussato (in alto a sinistra con angolo di 45 gradi). I fori sono rotondi e le perforazioni possono essere effettuate in 540 posizioni disposte su due fasce, ciascuna formata da 6 righe e 45 colonne. I fori che rappresentano i bit di un carattere sono posti in una delle due fasce e sono perforati sulla stessa colonna. Dei numeri scritti nel mezzo della scheda e sul bordo inferiore, consentono di leggere il numero della colonna sulla quale è stata fatta la perforazione (vedi figura 7); sul bordo inferiore e su quello superiore si possono fare le stampe dei dati perforati.

Banda perforata a 8 canali È costituita da un nastro di mylar o cartaceo o di nylon, largo un pollice e lungo alcune centinaia di metri, sul quale vengono eseguite delle perforazioni circolari allineate lungo 8 piste piú una nona pista (detta *sprocket*) con fori piú piccoli che serve per il regolare trascinamento del nastro. I fori che rappresentano i bit di ciascun carattere, sono posti sulla stessa linea trasversale come si vede nella figura 8. Le tre piste poste sulla destra della pista di trascinamento sono numerate da 1 a 3, mentre le cinque piste di sinistra sono numerate da 4 a 8; tra esse l'ottava pista è quella che contiene il foro corrispondente al bit di parità.

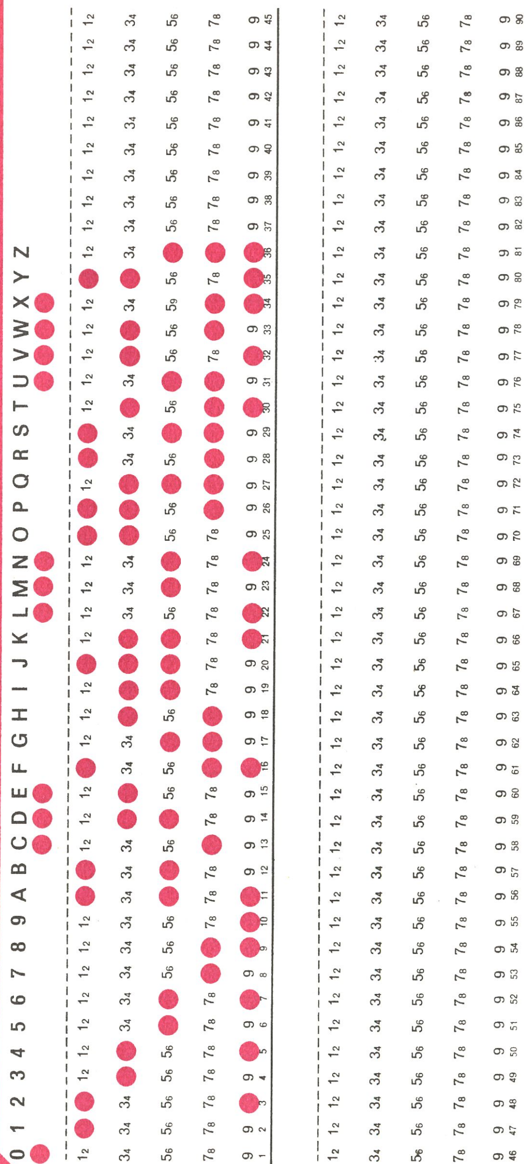


Fig. 7

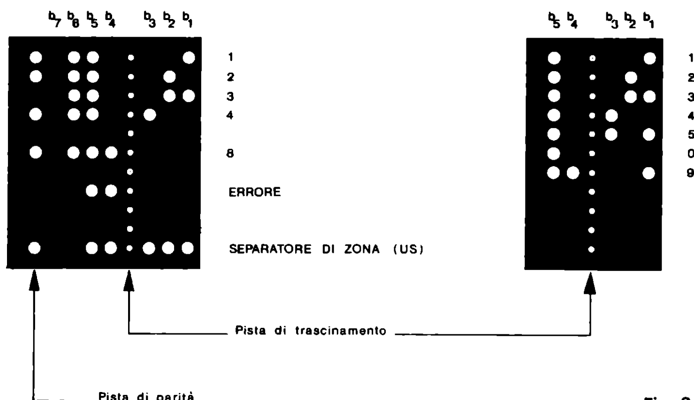


Fig. 8

Non ci sono delle righe o delle numerazioni che consentano di individuare velocemente la posizione di ciascun carattere, però per separare i dati tra di loro e i blocchi di dati, si utilizzano particolari configurazioni di bit dette 'separatori di informazione' che sono facilmente riconoscibili da un operatore esercitato.

Il messaggio perforato sulla banda deve avere una struttura ben precisa perché apparecchiature non molto costose possano trattarlo con facilità. Avrà innanzitutto un codice che indica l'inizio del messaggio (STX = *Start of text*), poi dei codici di separazione che dividono i vari blocchi di dati ed infine un codice che indica la fine del messaggio (ETX = *End of text*) ed eventualmente un codice che indica la fine del collegamento o la fine della banda (EOT = *End of transmission*). I separatori dei singoli blocchi vengono chiamati anche 'codici di linea' con riferimento ai blocchi standard delle telescriventi che sono equivalenti ad una linea di stampa, mentre nell'ambito di un blocco i separatori che dividono tra loro i vari dati sono detti 'codici di zona'. Nella banda che utilizza il codice ISO, i codici di linea sono 3 mentre c'è un solo codice di zona; nella banda perforata secondo altri sistemi di codifica si possono avere fino a 8 codici di linea e 4 co-

dici di zona. In ordine gerarchico i 3 codici di linea ISO sono (vedi tabella 5):

F.S. (= *File Separator*) = separatore di flussi di dati;
G.S. (= *Group Separator*) = separatore di gruppi di messaggi;
R.S. (= *Record Separator*) = separatore dei messaggi;

mentre l'unico codice di zona è:

U.S. (= *Unit Separator*) = separatore di unità, cioè dei dati elementari di un messaggio.

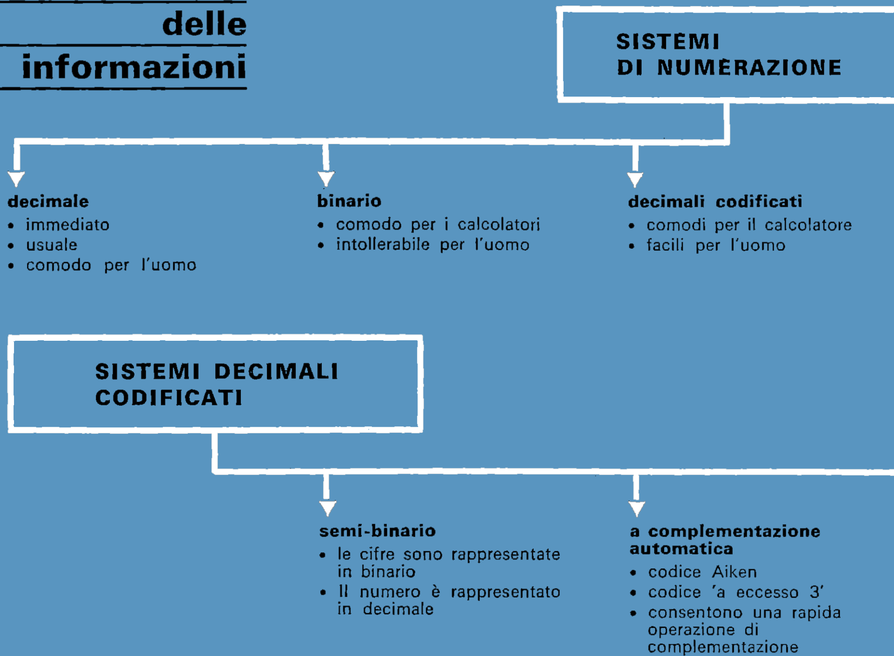
Senza addentrarci nei dettagli del messaggio perforato su banda, ricordiamo ancora che, esistendo i codici di 'virgola', di 'segno +' e di 'segno —', è possibile perforare anche dati algebrici ed inoltre che è sempre possibile correggere un singolo messaggio già perforato in parte e sostituirlo con un altro senza dover tagliare la banda, ma semplicemente perforando un particolare codice di errore (codice CNCL = *Cancel*).

La banda perforata può anche avere 5 o 6 piste con o senza una ulteriore pista per il bit di parità; la banda a 5 piste è quella utilizzata nelle telescriventi a bassa velocità (vedi figura 8).

Nastro magnetico Una struttura assai simile, da un punto di vista organizzativo, a quella della banda si trova nei dati registrati su nastro magnetico (vedi anche capitolo 4 : le unità periferiche). Il nastro magnetico presenta 6 + 1 piste oppure 8 + 1 piste, su ognuna delle quali viene registrato un bit '0' o un bit '1' invertendo il senso di magnetizzazione dello strato di ossido magnetico che ricopre il nastro. La settima o la nona pista serve per registrare il bit di parità e quindi il codice utilizzato è del tipo 'codice protetto'. Per maggior sicurezza vengono fatti altri controlli sul messaggio costruendo nella fase di registrazione un insieme di bit (detto 'polinomio di controllo') che esprimono le caratteristiche del messaggio in coda al quale sono stati registrati. Nella fase di lettura si fa un analogo lavoro e si controlla se i due valori (quello ora costruito e quello registrato in coda al messaggio) coincidono.

SCHEMA DEL CAPITOLO II

la rappresentazione delle informazioni



CODICI DEI CALCOLATORI

- rappresentano la legge di associazione tra bit e caratteri alfabetici e numerici

codice Hollerith
- usato sulle schede perforate

codici ISO e codici ASCII
- a 5 bit
  a 6 bit
  a 7 bit
  a 8 bit
- usati nella trasmissione dati

Codice EBCDIC
- estensione naturale del codice delle schede perforate usato dall'IBM nella serie 360

SUPPORTI DELLA INFORMAZIONE

cartacei
- schede perforate IBM,
- schede perforate Remington
- banda perforata a 5, 6, 7 e 8 canali

magnetici
- nastri magnetici
- schede magnetiche
- dischi magnetici

LE OPERAZIONI ARITMETICHE COI CALCOLATORI ELETTRONICI

somma
- operazione fondamentale

sottrazione
- somma il complemento a 10 o a 2 del numero

moltiplicazione
- eseguita con somme successive

divisione
- eseguita con sottrazioni successive

3

COME È FATTO UN CALCOLATORE ELETTRONICO

1. TIPI DI CALCOLATORI ELETTRONICI

Nei capitoli precedenti parlando di calcolatore elettronico, abbiamo sempre inteso 'calcolatore elettronico numerico', però non abbiamo ancora esattamente definito questo tipo di macchina né si è ancora detto se esistono dei calcolatori elettronici non numerici. Prima di addentrarci nello studio dell'interno di un calcolatore elettronico è opportuno chiarire questo punto.

Attualmente vengono costruiti tre tipi di calcolatori elettronici e precisamente:

1. calcolatori elettronici numerici detti semplicemente 'calcolatori elettronici';

2. calcolatori elettronici analogici detti semplicemente 'calcolatori analogici';

3. calcolatori elettronici analogico-numerici detti semplicemente 'calcolatori ibridi'.

Mentre nei calcolatori elettronici numerici ogni grandezza trattata è associata ad un numero rappresentato in un certo sistema di numerazione, nei calcolatori analogici ogni grandezza è associata con legge di analogia al valore di una grandezza elettrica. Ad esempio il numero '456' viene associato alle cifre '4', '5', '6', nel calcolatore elettronico numerico e associato alla tensione di 45,6 volt in un calcolatore analogico. Questa differenza

Minuscoli anelli di ferrite che costituiscono la "memoria" di un calcolatore elettronico e una formica (foto I.B.M.)



sostanziale nel modo di rappresentare le informazioni, si traduce in strutture radicalmente diverse delle due macchine e in modi di trattare i dati che sono altrettanto dissimili.

2. L'UNITÀ CENTRALE DEL CALCOLATORE NUMERICO

Gli elementi che costituiscono un calcolatore elettronico possono essere essenzialmente distinti in tre gruppi:

1. organi di ingresso;
2. unità centrale;
3. organi di uscita.

Gli organi di ingresso e di uscita di un calcolatore elettronico, detti anche globalmente unità periferiche, sono la parte piú ingombrante e spesso piú costosa dell'intero sistema. Ad esempio in una delle tipiche configurazioni di un calcolatore elettronico di media grandezza, l'unità centrale può costare circa 150 milioni mentre le unità periferiche possono complessivamente superare i 300 milioni.

L'unità centrale è costituita da tre parti intimamente legata tra di loro: unità di calcolo, memoria e governo o unità di comando (vedi figura 9).

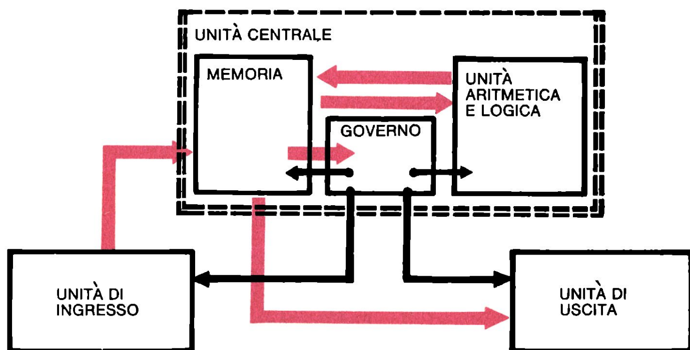


Fig. 9 Le frecce in colore rappresentano il movimento dei dati; quelle in nero rappresentano i comandi

La memoria del calcolatore, come dice la stessa parola, è l'organo che serve a memorizzare cioè a ricordare sia i dati numerici che le istruzioni che compongono il programma. Per comprendere come questi dati possono essere localizzati nella memoria, possiamo immaginarla come un corridoio sul quale si affacciano piú stanze; ogni stanza è individuata da un numero, cioè da un indirizzo, e nel suo interno può contenere l'informazione che si vuole ricordare. Nel linguaggio dei calcolatori le stampe vengono chiamate 'celle di memoria' o 'caratteri', e sono individuate appunto tramite il loro indirizzo; se voglio prelevare un dato dalla memoria dovrò quindi specificarne la posizione indicando chiaramente il suo indirizzo.

Molte volte capita di dover memorizzare dei dati di lunghezza variabile, cioè dei dati che possono occupare piú di una cella; in questo caso, volendo prelevare uno di questi dati, si potrà procedere in tre modi: il primo consiste nell'indicare l'indirizzo di tutte le celle che contengono il dato; il secondo consiste nell'indicare la prima e l'ultima cella della zona di memoria in cui si trova il dato; il terzo consiste nell'indicare la prima cella ed il numero di celle occupate. Questa 'organizzazione della memoria', se da un lato consente uno sfruttamento migliore del numero di celle a disposizione, dall'altro ha un inconveniente non indifferente di obbligare a dare almeno due indicazioni (due indirizzi oppure un indirizzo e un numero) per individuare un certo dato.

Qualora si abbia a disposizione una memoria molto grande, cioè una memoria con un elevato numero di celle, si possono organizzare le cose in modo da prenotare un numero fisso di caratteri per memorizzare i dati; ovviamente per questa scelta si deve tenere conto del dato numerico piú lungo e mediamente si avranno quindi molti caratteri vuoti. I dati potranno essere individuati con una sola indicazione corrispondente all'indirizzo del primo o dell'ultimo carattere, sottintendendo una lunghezza fissa corrispondente alla lunghezza del dato piú lungo previsto. Questa seconda 'organizzazione della memoria', si trova in tutti i calcolatori scientifici

e nei calcolatori destinati al controllo dei processi industriali; in queste macchine il numero complessivo di caratteri e il numero complessivo dei bit è fissato dal costruttore.

La cella elementare di un calcolatore elettronico deve poter contenere il numero di cifre binarie fissato nel sistema di codifica adottato (vedi capitolo 2, paragrafo 4); pertanto questi caratteri sono formati da 4 o 6 o 8 bit. Un carattere formato da un gruppo di 8 bit anziché 'carattere' viene anche chiamato, utilizzando un termine inglese, *byte*; un insieme di piú caratteri, indipendentemente dal numero di bit che informano, viene detto 'parola'. Utilizzando questa nomenclatura si possono classificare i calcolatori in due grandi gruppi in base all'organizzazione della memoria:

1. calcolatori organizzati a carattere, detti anche calcolatori con parola di lunghezza variabile;
2. calcolatori organizzati con parole di lunghezza fissa.

Una via intermedia è rappresentata da molti dei moderni calcolatori la cui memoria è basata sul *byte* che può rappresentare o 'una' generica lettera alfabetica oppure 'due' cifre numeriche.

La memoria del calcolatore è forse l'elemento che fu influenzato piú degli altri dalle conquiste dello sviluppo tecnologico degli ultimi anni; infatti mentre il primo calcolatore elettronico costruito nel 1946, aveva una memoria di tipo elettronico costosissima e con pochissime celle, quelli attuali hanno memorie di tipo magnetico contenenti oltre un milione di *bytes* e hanno un costo, a parità di numero di bit complessivi, decisamente piú basso del costo delle memorie elettroniche.

Il tempo di esecuzione di una operazione è essenzialmente legato alla velocità con cui i dati possono essere prelevati dalla memoria. Nelle memorie 'ad accesso casuale' (ad esempio nella memoria a nuclei di ferrite) il tempo necessario per prelevare un dato corrisponde al tempo che passa tra l'istante in cui si dà il comando di lettura e l'istante in cui un segnale elettrico esce dalla memoria indicando in che verso il corrispondente nucleo di ferrite era magnetizzato. Questo intervallo di tempo

ITALSIDER, Centro siderurgico di Taranto L'operaio addetto al controllo del laminatoio invia le informazioni al calcolatore elettronico utilizzando una scheda perforata


1000

viene chiamato 'tempo di lettura' e per quanto piccolo non è trascurabile; nelle memorie a nuclei costruite verso il 1960 il tempo di lettura era dell'ordine di 10 milionesimi di secondo (10 sec = 10 microsecondi); nelle memorie costruite nel 1967 tale tempo si è ridotto a meno di 1 microsecondo.

Altri tipi di memoria, ad esempio le memorie 'a film sottile', hanno dei tempi di lettura ancora piú brevi dell'ordine di 0,1 microsecondi mentre sono allo studio memorie di questo tipo che dovrebbero lavorare con tempi di lettura inferiori a 0,04 microsecondi (si pensi che la luce e quindi anche i segnali elettrici in 0,04 microsecondi percorrono solo una decina di metri!).

Nella esecuzione di un qualsiasi calcolo sono necessari vari risultati intermedi delle operazioni, un certo numero di dati che ricorrono con molta frequenza ed infine dei dati utilizzati solo saltuariamente; in dipendenza da queste tre diverse esigenze, nei calcolatori elettronici ci sono di solito tre tipi di memorie:

1. una memoria di tipo elettronico (completa o parziale) nell'unità di calcolo;
2. una memoria veloce abbastanza ampia, ad esempio con 4000 caratteri e con tempo di lettura di un microsecondo per conservare i risultati intermedi, i dati piú frequenti e il programma;
3. una memoria di tipo lento e in genere esterna all'unità centrale per i dati che raramente vengono utilizzati o che comunque vengono richiamati a blocchi secondo un ordine ben definito come accade per i successivi pezzi del programma.

L'unità di calcolo o piú precisamente l'unità aritmetica e logica del calcolatore, è l'organo che elabora i dati della memoria; questa elaborazione non è solamente di tipo aritmetico ma anche di tipo logico; infatti è l'unità di calcolo che riconosce se due dati sono uguali o diversi che segnala al governo il segnò algebrico dei risultati ed infine che consente l'esecuzione delle operazioni logiche di OR AND NOR (vedi capitolo 5, paragrafo 1).

Con riferimento al modo di eseguire le operazioni

aritmetiche, i calcolatori possono essere classificati in 'binari' o 'decimali'; se l'unità di calcolo è di tipo binario l'intero calcolatore viene chiamato 'calcolatore binario'. Indipendentemente dal fatto di essere binaria o decimale, l'unità di calcolo viene chiamata 'seriale' se esegue le operazioni in modo seriale, cioè trattando un bit alla volta iniziando da quello meno significativo; viene viceversa detta 'parallela' se esegue l'operazione globalmente, cioè se tratta contemporaneamente tutti i bit costituenti i due dati tra i quali si esegue l'operazione.

Il governo del calcolatore è costituito da un insieme di organi molto complessi che controllano le singole fasi di esecuzione delle operazioni e tutte le apparecchiature collegate con il calcolatore. Scopo del governo è infatti quello di coordinare il funzionamento di tutte le parti che costituiscono l'intero sistema, al fine di ottenere un corretto funzionamento ed una maggiore produttività del calcolatore elettronico.

3. LE UNITÀ PERIFERICHE

Per scambiare le informazioni con l'esterno il calcolatore è dotato di organi di ingresso e di uscita che nel loro insieme costituiscono le 'unità periferiche' della macchina. Il piú semplice di questi organi è la telescrivente, cioè una macchina formata da una tastiera che serve per introdurre i dati o le istruzioni e ha un dispositivo, derivato da una macchina per scrivere elettrica, per stampare le risposte del calcolatore. Questa telescrivente è sempre presente nella 'console' (o tavolo di comando) di tutti i calcolatori; è ovviamente un organo di ingresso a bassissima velocità in quanto i dati vengono introdotti a mano dalla tastiera ad una velocità massima di circa 10 caratteri al secondo; è anche un organo di uscita a bassa velocità in quanto la sua velocità di stampa di solito non supera i 10 caratteri al secondo. Data la lentezza delle operazioni di ingresso e di uscita svolte sulla telescrivente, rispetto alla velocità del calcolatore, questa telescrivente è impiegata solo di rado nei grossi

calcolatori per introdurre particolari informazioni; in taluni tipi di piccolissimi calcolatori la telescrivente può assumere invece un'importanza preponderante essendo l'unico dispositivo completo per ingresso ed uscita di dati.

Un dispositivo di ingresso diffusissimo e abbastanza veloce è il lettore di schede meccanografiche. La lettura della scheda viene effettuata in vari modi: con dispositivi di tipo meccanico, come tastatori che penetrano nei fori; con dispositivi di tipo elettrico, come spazzolini di rame che chiudono un contatto elettrico attraverso i fori; con dispositivi di tipo fotoelettrico nei quali vengono utilizzati degli elementi (fotodiodi o fototransistori) che sono sensibili al passaggio della luce attraverso i fori. Dato che l'operazione di lettura di una scheda, per quanto veloce, può richiedere un tempo variabile tra i 20 e i 200 millesimi di secondo, l'unità centrale comanda solo l'inizio di lettura della scheda e poi si disinteressa di ciò che accade al lettore mentre fa proseguire le altre operazioni del programma. Periodicamente il governo va a vedere se la lettura è terminata e quando questo si verifica preleva i dati provenienti dal lettore che nel frattempo erano stati memorizzati in una piccola memoria intermedia detta 'buffer'. Questo buffer, o memoria tampone, serve in macchine piú piccole per adattare la velocità di ricezione dei dati da una unità periferica alla velocità di trasferimento degli stessi nella memoria principale (macchine con memoria a linea magnetostrittiva o a disco o a tamburo magnetico). In altre macchine, come ad esempio nel diffusissimo IBM 1401, il buffer di lettura non è una parte a sé della macchina, ma è formato dai primi caratteri della memoria principale. In genere anche se il lettore di schede nei grossi sistemi non è certamente l'unità principale di ingresso dati, tutti i calcolatori hanno *almeno una* di queste apparecchiature.

La velocità di lettura delle schede si misura in base al numero di schede lette in un minuto; tale numero può variare tra valori di 100 nei piccoli lettori e di 2000 nei lettori piú veloci; questo significa che il trasferimento di informazioni alla memoria del calcolatore avviene con un ritmo compreso tra i 200 e i 2400 caratteri al secondo.

Un'unità periferica che può essere considerata indifferentemente organo di ingresso e di uscita è l'unità a nastro magnetico che possiamo pensare come un raffinatissimo magnetofono capace di memorizzare i dati su un nastro magnetico, a 6 o 8 piste, sotto forme di 'areole magnetizzate'. La densità di registrazione, che viene detta comunemente 'impaccamento del nastro', può variare da valori molto bassi di circa 128 per pollice (5 bit per millimetro) fino a valori altissimi di 1600 bit per pollice (oltre 55 bit per millimetro). In questo modo si riesce a memorizzare una quantità enorme di informazioni su un'unica bobina di nastro magnetico lungo circa un chilometro. La velocità di lettura e di registrazione del nastro magnetico è elevatissima perché esso possiede 6 o 8 piste in parallelo, contiene fino a 1600 caratteri per pollice ed inoltre viene letto a velocità di qualche metro al secondo; la velocità di trasferimento dei dati viene pertanto ad essere compresa tra i 20.000 e i 200.000 caratteri al secondo. Dato che si manifesta la necessità di leggere molto in fretta dei piccoli segmenti del nastro è indispensabile che ci siano degli apparati molto complessi per avviare e fermare in tempi brevissimi le bobine e il nastro magnetico. Per evitare che questo si strappi nella fase di accelerazione, vengono lasciati due riccioli o polmoni liberi i quali compensano il ritardo di avviamento delle bobine e comandano il servosistema che ne controlla la velocità. Le testine magnetiche di registrazione sono distinte dalle testine magnetiche di lettura e distano da queste circa 8 millimetri. Per essere sicuri di aver fatto una registrazione corretta, man mano che la registrazione avviene, automaticamente viene fatta anche una lettura per confrontare che ciò che si legge sia esattamente ciò che si voleva scrivere.

Basati su princípi analoghi a quelli della registrazione su nastro magnetico ci sono delle altre apparecchiature che si presentano sempre sotto il duplice aspetto di organi di ingresso e di uscita oppure come ampliamento della memoria del calcolatore.

Va infine ricordato tra le apparecchiature di ingresso il lettore di banda perforata, cioè quel dispositivo che

traduce le perforazioni presenti su un nastro cartaceo in impulsi elettrici. Questa apparecchiatura in genere è poco usata anche se la sua velocità di lettura è confrontabile, se non addirittura superiore, con quella del lettore di schede.

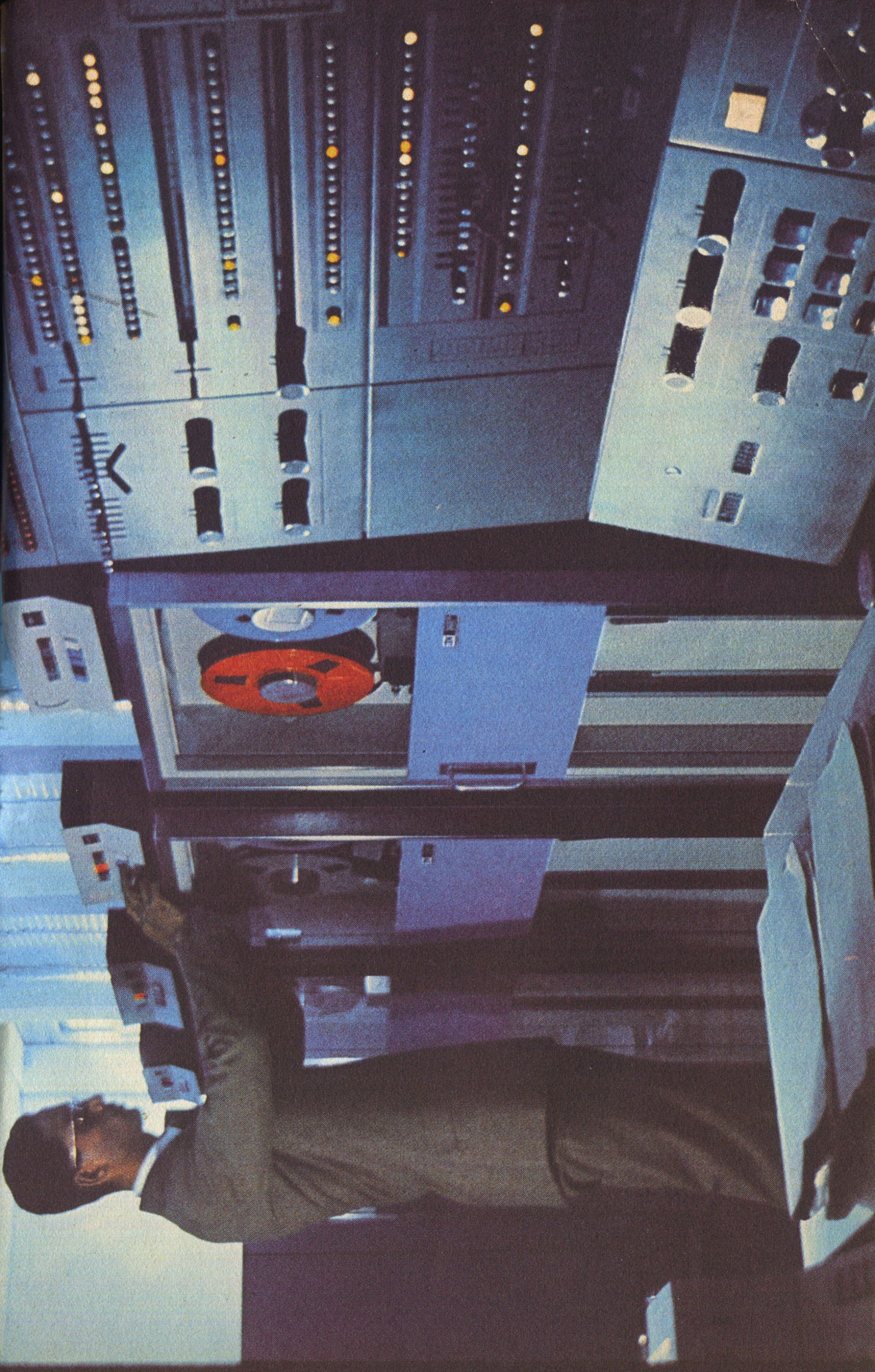
Tra le apparecchiature di uscita oltre alle perforatrici di schede meccanografiche che sono esattamente dello stesso tipo utilizzato nei centri meccanografici tradizionali, ci sono le stampanti. Queste apparecchiature vanno dalla tabulatrice (cioè dalla stampante di linee del centro meccanografico) alle stampanti parallele, fino a giungere alle stampanti di tipo xerografico che forniscono dei tabulati al ritmo di oltre 80.000 righe al minuto.

Va ricordato infine un organo di uscita molto economico: il perforatore di banda cartacea. Anche se gli inconvenienti generati dall'uso della banda perforata sono numerosi (rottura della banda, difficoltà di correzione o di sostituzione di un blocco di dati, impossibilità di lettura immediata dell'informazione senza l'uso di apposite apparecchiature), tuttavia questo supporto automatico di informazione mantiene tuttora un'importanza enorme per tutti i piccoli sistemi contabili elettromeccanici ed elettronici, in quanto rappresenta senz'altro la soluzione piú economica per un gran numero di problemi. Il perforatore di banda è inoltre utilizzato in tutti quei piccoli sistemi elettronici che hanno come organo principale di ingresso e di uscita la telescrivente; in questo caso sia il lettore che il perforatore di banda possono essere conglobati nella stessa telescrivente. Nel caso delle macchine contabili, l'importanza del perforatore di banda consiste nel fatto che anche una piccola macchina del costo di qualche milione, può generare un documento, o meglio un supporto automatico di informazione, che è immediatamente comprensibile per un calcolatore elettronico.

4. I PICCOLISSIMI CALCOLATORI ELETTRONICI

Da pochissimo tempo lo sviluppo tecnologico ha reso possibile la costruzione in grandi serie di piccolissime macchine da calcolo elettroniche, sicché ormai è cosa

Il centro di calcolo I.B.M. di Roma
(foto I.B.M.)



abbastanza comune vedere negli uffici una di queste calcolatrici veloci e silenziose. Tra queste piccole macchine ce ne sono alcune che per le loro caratteristiche possono essere considerate dei veri e propri calcolatori in miniatura. La struttura di queste macchine è molto eterogenea in quanto la memoria è di almeno tre tipi diversi (a transistori, a linea magnetostrittiva o a disco magnetico), gli organi di uscita sono pure di almeno tre tipi (stampante su striscia di carta, 'display' cioè rappresentazione delle cifre su un tubo a raggi catodici come nelle televisioni, o infine 'nixies' cioè delle piccole lampadine con il filamento disposto secondo la sagoma delle cifre, che si accende come nelle normali lampadine per illuminazione) e persino le tastiere, anche quando si presentano esteriormente simili, sono realizzate in base a princípi completamente diversi.

Nel caso delle macchine con memoria a linea magnetostrittiva, la memoria viene realizzata con un filo di acciaio speciale il quale viene sollecitato a torsione da due sottili laminette (di un materiale che in presenza di un campo magnetico subisce un allungamento o un accorciamento) saldate ad un estremo del filo. Queste laminette per effetto magnetostrittivo generano delle vibrazioni che si propagano lungo il filo e che sono riconvertite in segnali elettrici da due analoghe laminette poste all'altro estremo del filo stesso. Dato che la vibrazione per trasmettersi lungo il filo ha bisogno di qualche millesimo di secondo, è possibile memorizzare sulla linea magnetostrittiva qualche migliaio di bit; se un segnale uscente dalla linea magnetostrittiva interessa ancora, esso viene amplificato e riinviato all'ingresso della linea stessa, altrimenti l'informazione viene perduta. Questo tipo di memoria viene perciò chiamato 'memoria labile' in quanto perde l'informazione quando viene a mancare corrente alla macchina.

Gli organi aritmetici dei piccoli calcolatori sono di tipo seriale sia perché costano di meno sia perché la memoria, sempre per motivi di costo, è organizzata in modo seriale. Tutte queste macchine sono fornite di programma, possono contenere un centinaio di istruzioni, cioè dei

comandi elementari, e nelle macchine piú evolute di questa classe alcune possiedono anche delle istruzioni di tipo logico che consentono di cambiare in modo automatico le sequenze di calcolo. La possibilità di produrre piccolissimi calcolatori elettronici a costi relativamente modesti compresi tra i 2 e i 5 milioni sta dando luogo ad una autentica rivoluzione nel campo dell'utilizzazione del calcolo numerico giacché calcoli che solo qualche anno fa si potevano fare solo sui grossi calcolatori o che potevano essere svolti a mano in tempi lunghissimi, ora possono essere fatti a mano in poco tempo con procedure che seguono l'impostazione del calcolo manuale e che quindi non sono né contrarie alla mentalità di chi deve svolgere i calcoli, né cosí difficili da scoraggiare gli utenti.

Tra le macchine di questo tipo ricordiamo le piú diffuse:

la *Mathatron*, conosciuta in Europa come E.M.D.48 che possiede una piccola memoria a nuclei, ha un programma variabile da 24 a 48 istruzioni ed ha un semplicissimo sistema di stampa su una striscia simile a quella dei telegrammi; il programma viene introdotto a mano;

la *Wyle Scientific* che possiede una piccola memoria a disco magnetico e che fornisce i risultati tramite un display; la macchina è programmabile con delle schede assai simili alle schede perforate disposte a soffietto;

la *Wang LOCI 2* che possiede una memoria a transistori e che ha il logaritmo come operazione fondamentale; la macchina è programmabile con una scheda perforata che viene inserita in un apposito lettore; i risultati appaiono sotto forma luminosa in un quadrante formato da una decina di nixies;

la *Olivetti Programma 101* che è l'unica macchina di questo tipo con programma registrato, stampante su striscia di carta e supporti magnetici (simili a schede ricoperte da uno strato di ossido magnetico) per l'ingresso automatico del programma e l'ingresso o uscita automatica dei dati. Data l'estrema facilità d'uso di questa macchina e soprattutto a causa della semplicità di introduzione del programma, con la Programma 101 si pos-

sono affrontare dei problemi anche molto vasti che non sarebbero risolubili sulle altre macchine di questa classe.

Tutte le macchine ora elencate hanno la possibilità di collegarsi con unità periferiche, come ad esempio il lettore ed il perforatore di banda o una stampante aggiuntiva costituita da una macchina da scrivere elettrica.

Accanto a questi microcalcolatori, negli ultimi anni sono nati circa una ventina di modelli di calcolatori binari con memoria strutturata a parole di lunghezza fissa di 12, 16 o 24 bit, studiati espressamente per il controllo dei processi industriali ma che sono in grado di svolgere egregiamente anche dei lavori di tipo scientifico.

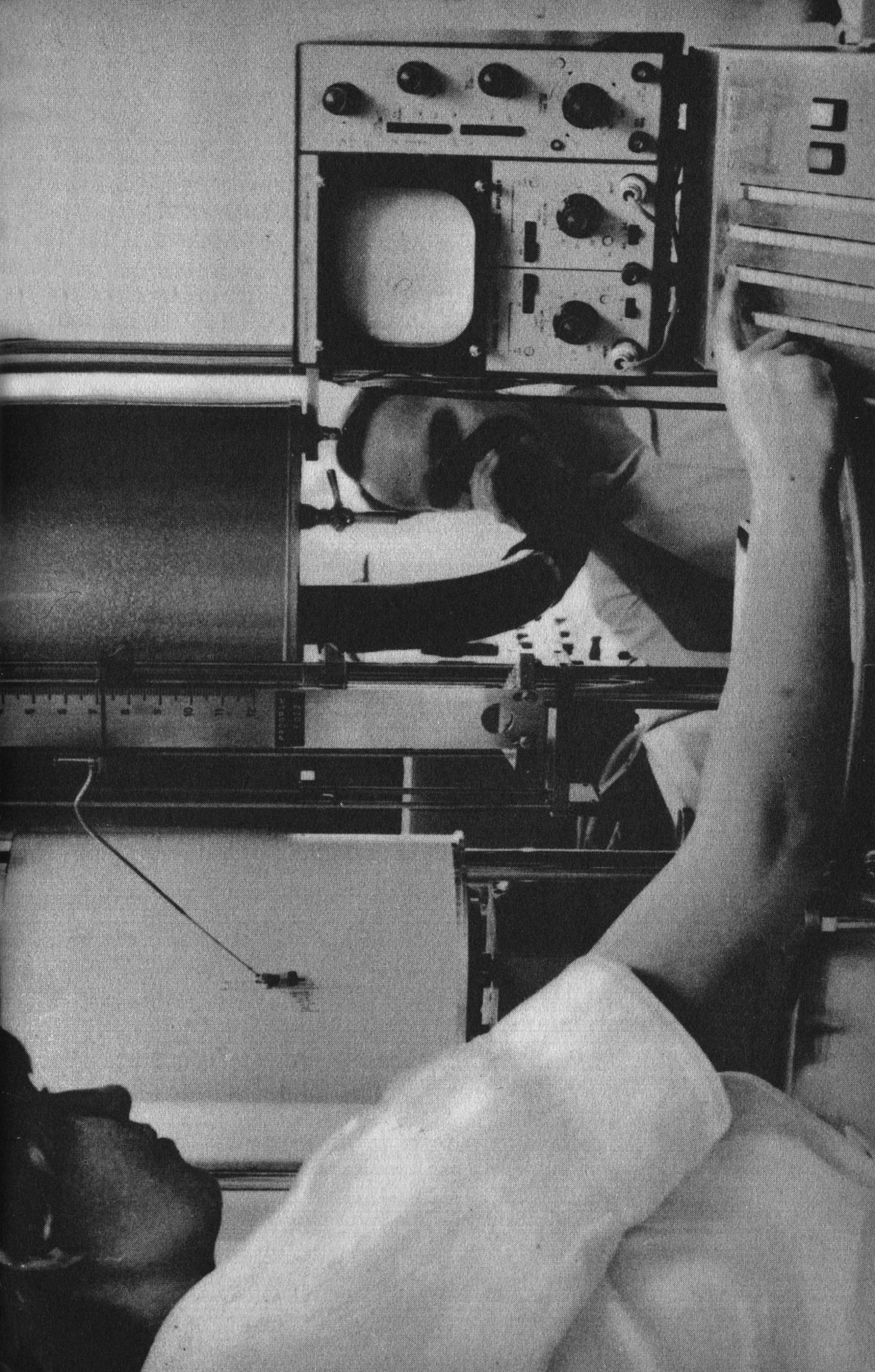
Queste macchine hanno un'unità centrale con memoria da 4000 a 16.000 parole e con un tempo di lettura di una parola di circa un microsecondo; l'organo aritmetico è di tipo parallelo e questo riduce il tempo di somma a circa 2 microsecondi ed il tempo di moltiplicazione a circa 20 microsecondi. Da un punto di vista pratico questo significa che, potendo svolgere oltre 50.000 moltiplicazioni al secondo, questi calcolatori possono ad esempio ad ogni millisecondo controllare qualche decina di parametri misurati nel sistema che viene controllato e quindi possono garantire un controllo veramente continuo del processo che si sta svolgendo. Questo fatto è particolarmente importante nel controllo delle raffinerie di petrolio e dei grandi impianti chimici, per il controllo di qualità nelle produzioni elettroniche e infine nella regolazione automatica delle centrali termo-elettriche.

5. CALCOLATORI NUMERICI SENZA ELETTRICITÀ

Negli ultimi anni, e precisamente a partire dal 1964, hanno avuto un notevole sviluppo gli studi sulla possibilità di realizzare dei calcolatori numerici che operino in condizioni estremamente disagiate con una logica simile a quella dei calcolatori a relé, ma senza fare uso di elettricità.

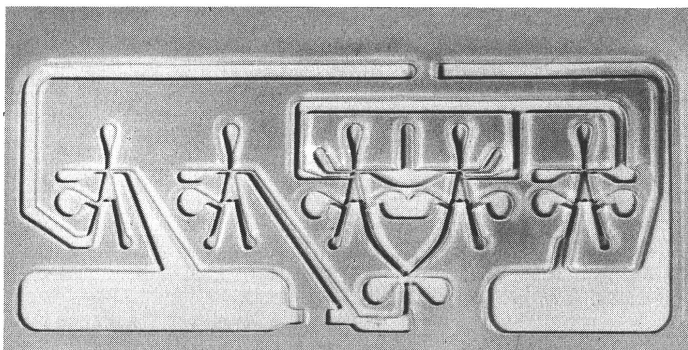
In molti problemi di controllo è comodo poter disporre di elementi non elettrici che siano in grado di

Laboratorio cardiologico dell'Ospedale di Gentofte di Copenhagen I dati relativi alla capacità polmonare di un paziente sono trasmessi direttamente al calcolatore I.B.M. 1800 (foto I.B.M.)



operare direttamente e con una certa potenza sulle grandezze da controllare senza bisogno di apparati elettromeccanici intermedi. In altri casi può diventare assai poco sicuro l'uso di elementi elettrici come i transistori a causa delle temperature o eccessivamente basse o eccessivamente alte dell'ambiente in cui si trova il calcolatore; in altri casi infine può essere decisamente piú economico utilizzare un sistema di controllo che non sia né elettrico né meccanico ma puramente idraulico.

Spinta da due esigenze fondamentali, e cioè dalla necessità di evitare gli accoppiamenti elettromeccanici e dal fatto che in particolari condizioni ambientali gli attuali componenti elettronici hanno un basso grado di affida-



Esempio di circuito fluidico integrato a 6 'gates' *(foto RIV-SKF - Officine di Villar Perosa)*

mento, nacque una nuova scienza: la 'fluidica', cioè la scienza che studia il moto dei gas e dei liquidi nei condotti sottili al fine di poter utilizzare un gas come supporto d'informazioni per il calcolo. Uno degli obiettivi dei primi studi di fluidica fu quello di realizzare degli elementi che potessero svolgere, ovviamente a velocità piú bassa, le funzioni caratteristiche dei circuiti elettronici utilizzati nei calcolatori; in un secondo momento si cercò di abbassare il costo degli elementi per fare concorrenza ai circuiti elettronici a transistori.

Le fortissime diminuzioni dei costi dei transistori verificatesi nel 1964 e nel 1967, fecero sí che la fluidica si indirizzasse non tanto verso le macchine da calcolo e i calcolatori in genere ma verso tante piccole applicazioni specializzate riguardanti per la maggior parte problemi di controllo. Qualora in una apparecchiatura ci sia già per altri motivi un generico fluido sotto pressione, è estremamente comodo poter utilizzare questo fluido in circuiti privi di elementi mobili per governare e controllare l'apparecchiatura stessa. Ad esempio i gas di scarico di un razzo potrebbero in parte essere inviati ad un 'calcolatore fluidico' il quale esegue il controllo della rotta e quindi utilizzando lo stesso gas di scarico comanda la variazione degli elementi che si combinano nella camera di combustione. Una applicazione interessante di un piccolo calcolatore fluidico è stata realizzata in Italia per controllare il montaggio dei cuscinetti a sfere. L'impostazione logica utilizzata nella fluidica per costruire i circuiti elementari, deriva strettamente dalle tecniche utilizzate nei calcolatori elettronici. I tipi di circuiti, la modularità e la struttura a micromoduli degli elementi utilizzati nella fluidica, rivelano immediatamente questa derivazione.

La tecnologia, anche se altrettanto specializzata e sofisticata, è completamente diversa da quella elettronica e deriva invece dalla meccanica di precisione e dalle tecniche di elettroerosione ed elettroformazione utilizzate ad esempio nella produzione delle testine dei rasoi elettrici. I principali vantaggi della fluidica rispetto alla elettronica nel realizzare i circuiti di calcolo sono: maggior durata degli elementi sottoposti a vibrazioni, insensibilità alle variazioni della temperatura entro margini larghissimi, insensibilità alle radiazioni, possibilità di comando diretto di grandezze idrauliche (cioè comando di potenza direttamente fornito dai circuiti di calcolo).

Gli svantaggi della fluidica sono invece: circuiti lenti (limitazione questa legata al fatto che il gas è opportuno che non superi la velocità del suono nei condotti), circuiti abbastanza ingombranti, necessità di un gas sotto pressione, costo piú elevato dei circuiti destinati a svolgere esclusivamente il calcolo.

SCHEMA DEL CAPITOLO III

come è fatto un calcolatore elettronico





LA MEMORIA

organizzata a carattere

- nelle prime macchine e in quelle della seconda generazione

organizzata a parola

- nei calcolatori scientifici e nei calcolatori destinati al controllo

organizzata a 'bytes'

- nelle nuove serie di calcolatori universali della terza generazione

I PICCOLISSIMI CALCOLATORI DA TAVOLO

Wyle, Wang Loci, Mathatron, Olivetti Programma 101

memoria

- a transistori
- a nuclei
- a disco magnetico
- a linea magnetostrittiva

introduzione programma

- con una scheda magnetica
- con una scheda meccanografica
- a mano

organi di uscita

- Display
- Nixies
- stampa su rotolo
- stampa su banda telegrafica
- banda perforata
- telescrivente

4

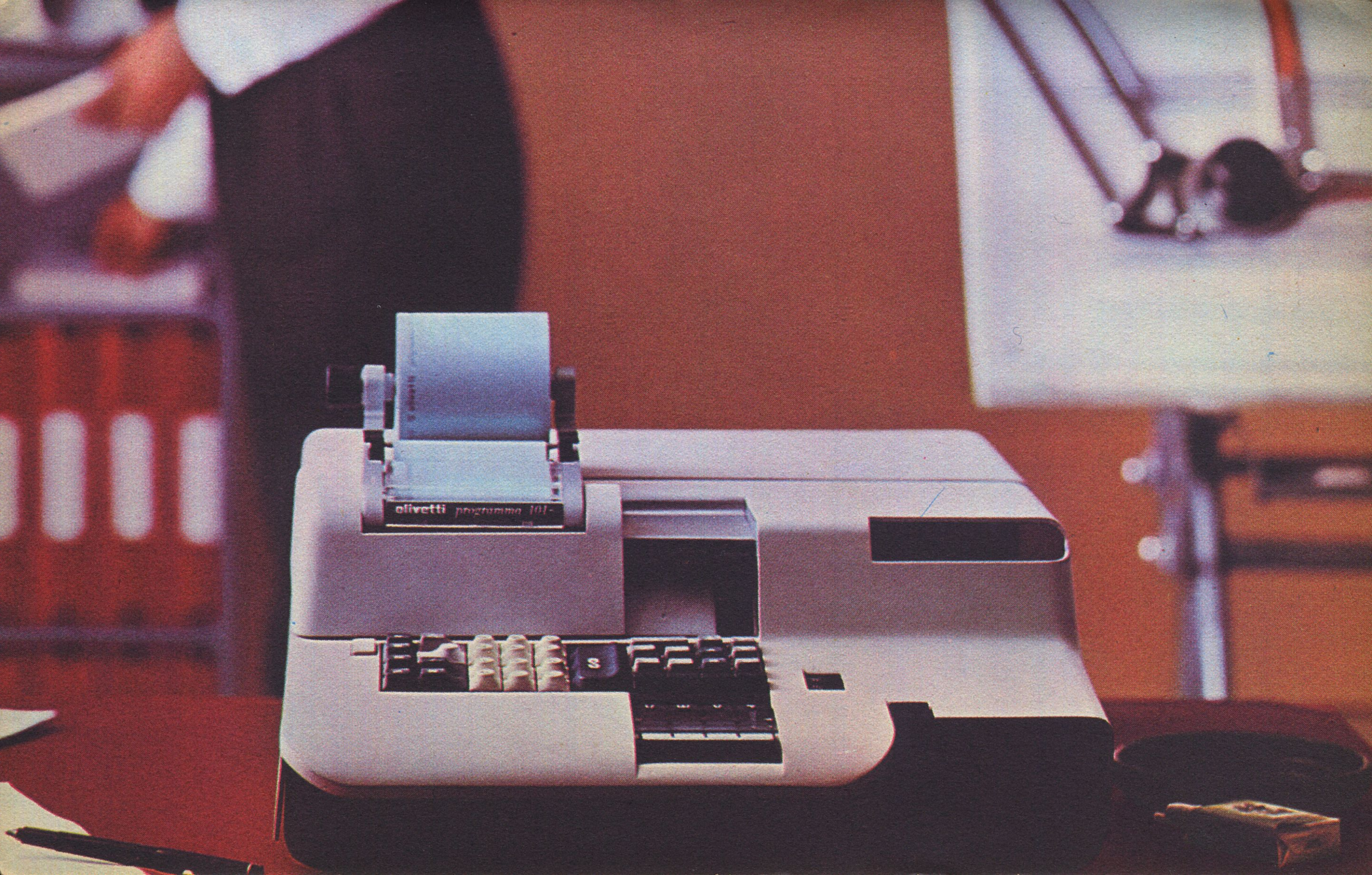
COME LAVORA UN CALCOLATORE ELETTRONICO

1. L'ALGEBRA DI BOOLE

Si è visto nel capitolo 2 come il sistema di numerazione piú opportuno per essere utilizzato sui calcolatori elettronici, sia il sistema binario, cioè quel particolare sistema di numerazione che prende come 'base' dei numeri il 2. L'algebra che tratta i numeri binari venne elaborata dal matematico inglese George Boole e da lui prese il nome di algebra booleana o algebra logica e algebra binaria. Come l'algebra decimale anche l'algebra booleana si basa su un certo numero di 'postulati' o affermazioni di base dai quali si ricavano tutti i teoremi. I simboli utilizzati per rappresentare i numeri sono i due simboli '0' e '1'; dato che ogni variabile può avere solo il valore 1 o 0 si può dire che se una variabile x è diversa da 0 è senz'altro uguale ad 1; nell'algebra decimale se un numero formato da una sola cifra è diverso da 0 può essere invece uguale ad uno qualsiasi dei valori compresi tra 1 e 9.

In generale una proposizione logica può essere o vera o falsa e quindi questa possibilità di due sole risposte fa sí che possa essere associata ad una variabile binaria x o alla sua negata indicata come $\bar{x}$ (leggi x segnato). Di questo fatto si può dare una rappresentazione grafica del tipo riportato in figura 10 in cui se la parte tratteggiata rappresenta la variabile x, tutto il resto del qua-

La Olivetti programma 101
(foto Olivetti)


olivetti programma 101

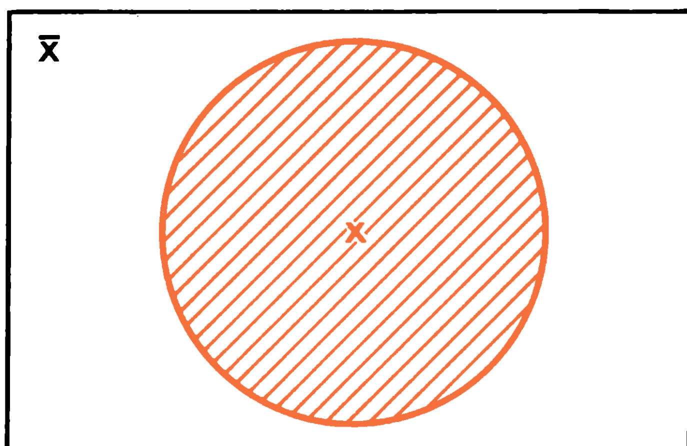


Fig. 10

drato cioè tutto ciò che è diverso da x, rappresenta la variabile $\bar{x}$.

L'operazione di somma nell'algebra logica ha un significato diverso dall'analoga operazione decimale. Sempre mantenendo l'analogia grafica ora fatta, possiamo dire

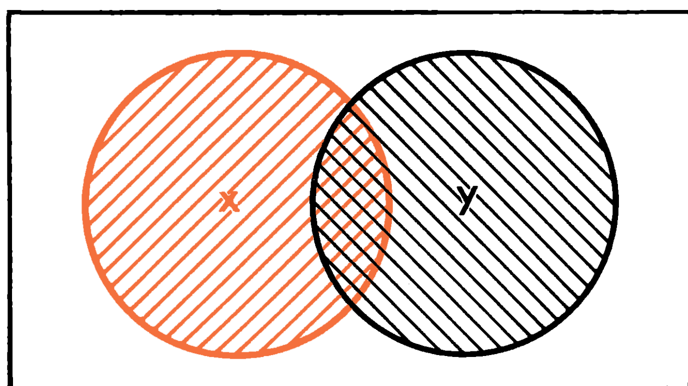


Fig. 11

che la somma o riunione di due grandezze binarie x e y, corrisponde al pezzo tratteggiato rappresentato in figura 11, cioè alla porzione di piano che o appartiene al cerchio tratteggiato che rappresenta la x o appartiene al cerchio tratteggiato che rappresenta la y o a entrambi contemporaneamente.

Usando la terminologia diffusa dagli scrittori di lingua inglese, la somma logica viene anche chiamata 'operazione OR'. Si nota in particolare che per la sua definizione la somma logica non dà luogo a riporto in quanto non ha senso parlare di riporto. La somma logica viene anche indicata in simboli come: $x + y$; oppure come: $x \cup y$; oppure ancora come: OR (x, y).

La somma logica può essere realizzata facilmente con un semplice circuito formato da una pila e da due interruttori posti in parallelo (vedi figura 12). In questo

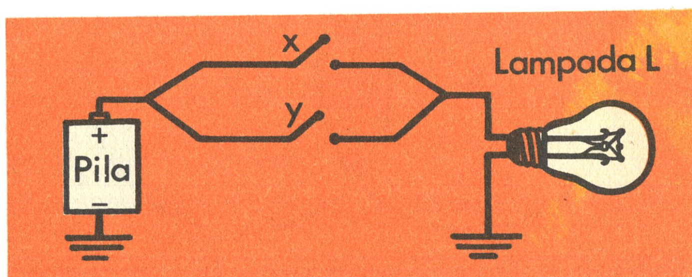


Fig. 12

caso se si fa la convenzione che la grandezza $x = 1$ corrisponda a chiudere l'interruttore x e la grandezza $y = 1$ corrisponda a chiudere l'interruttore y, si ottiene che si accende la lampadina L quando o x o y o entrambi sono uguali ad 1. Questo può essere il piú semplice tra i circuiti che si possono trovare in un calcolatore a relé.

Un'altra operazione elementare dell'algebra logica è la negazione con la quale viene cambiato il valore della variabile nel senso che se prima questa valeva 1 dopo l'operazione di negazione essa vale 0 e viceversa. Questa

operazione viene indicata con la parola inglese NOT che significa 'no', oppure con un trattino disegnato sopra la variabile. Per realizzare con un relé questa operazione, bisogna pilotarlo in modo tale che quando gli arriva un segnale elettrico associato al valore 1 il relé si apra mentre si chiuda nel caso opposto.

La terza operazione fondamentale dell'algebra logica è l'intersezione o prodotto logico. Usando la terminologia adottata dagli scrittori di lingua inglese, questa operazione viene chiamata 'operazione AND' (che significa 'e'). Mantenendo la solita analogia grafica appare

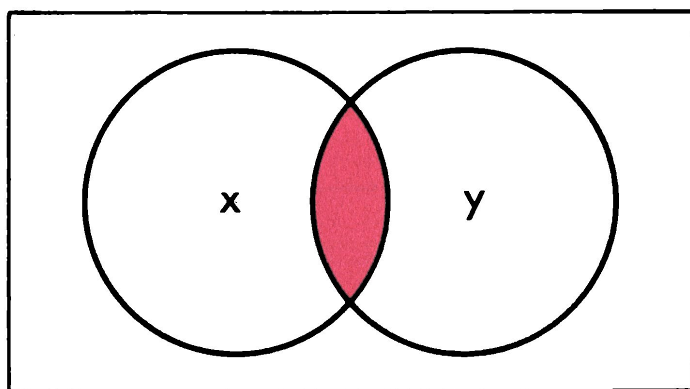


Fig. 13 AND (x,y)

in questo caso evidente perché sia stato dato il nome di intersezione a questa operazione giacché il prodotto logico di due grandezze x ed y (vedi figura 13, zona tratteggiata) corrisponde alla parte comune dei due cerchi associati alla x e alla y, cioè corrisponde alla loro intersezione.

Per il prodotto logico ci sono alcune notazioni simboliche equivalenti e precisamente: $x \cdot y$ oppure $x \cap y$ oppure AND (x, y).

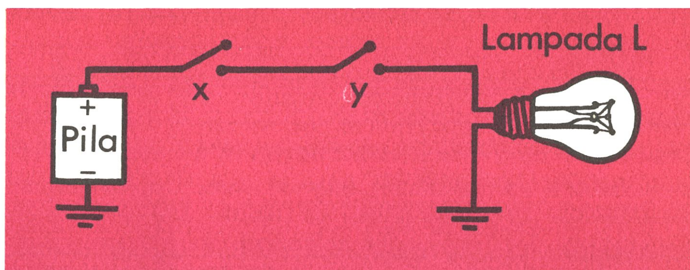


Fig. 14

Il prodotto logico può essere realizzato fisicamente utilizzando una pila e due interruttori posti in serie (vedi figura 14).

Per osservare da vicino e capire il significato delle operazioni logiche è opportuno fare un esempio.

Supponiamo che in una famiglia il televisore possa essere acceso quando si verificano le seguenti situazioni:

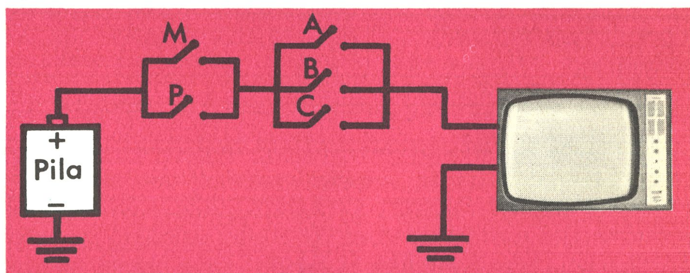
1. deve essere presente il P = padre e la M = madre;

2. Inoltre dato che il padre e la madre non hanno interesse a guardare la televisione, perché questa venga accesa occorre che ci sia almeno uno dei figli A = Ada, B = Bianca o C = Carlo. Questo insieme di condizioni può essere espresso molto semplicemente con alcune espressioni logiche:

$$\text{TV} = (P + \text{M}) \cdot (A + B + \text{C})$$

oppure: $\text{TV} = \text{AND}\ [\text{OR}\ (P, \text{M});\quad \text{OR}\ (A, B, \text{C})]$

Fig. 15



e si potrà realizzare in modo automatico l'accensione del televisore quando si verificano le condizioni stabilite.

Quando uno dei componenti della famiglia entra in casa chiude un interruttore e quando esce lo apre; ovviamente ognuno avrà cura di non toccare gli interruttori degli altri e inoltre non avrà bisogno di informarsi se gli altri membri della famiglia sono in casa. Collegando gli interruttori, come si vede in figura 15, si ottiene l'accensione automatica del televisore solo nella condizione voluta. Nella figura 16 è mostrato come sono

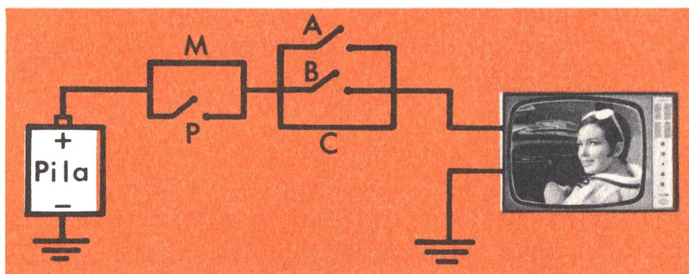


Fig. 16

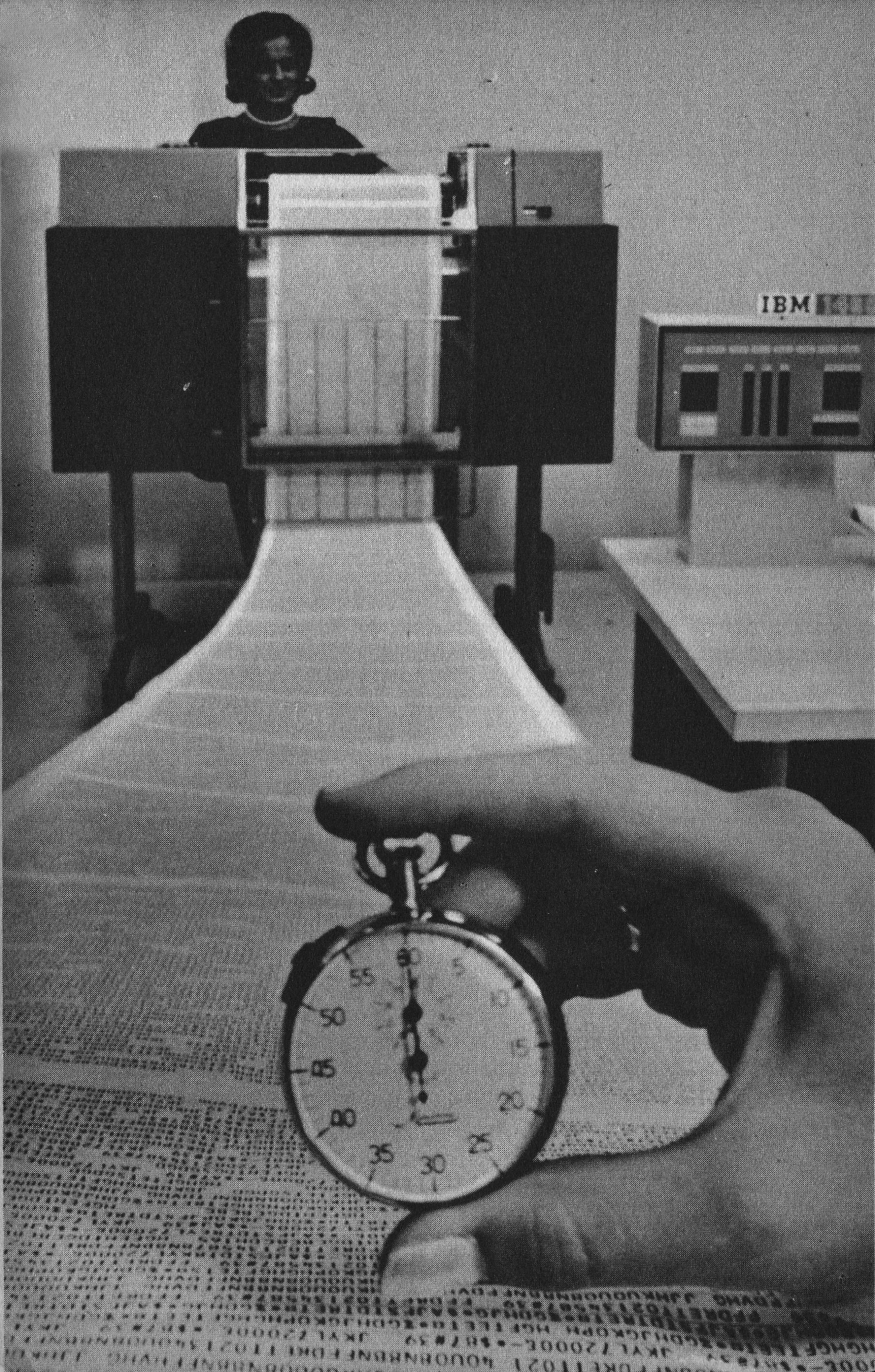
posizionati gli interruttori quando in casa ci sono la madre e Carlo.

Questi semplici esempi svolti, non hanno la pretesa di spiegare come esattamente funziona un calcolatore elettronico e nemmeno un semplice calcolatore a relé, ma serviranno a dare una prima idea su come è possibile svolgere operazioni anche molto complesse utilizzando esclusivamente elementi di tipo logico.

2. CHE COS'È UN PROGRAMMA?

Per eseguire un qualsiasi calcolo utilizzando una calcolatrice meccanica si devono premere vari tasti, impostare i dati e trascrivere i risultati. Utilizzando un calcolatore elettronico per fare lo stesso calcolo, saranno necessarie le stesse operazioni salvo il fatto che in questo

La stampante del calcolatore I.B.M. 1460 lavora alla velocità di 1100 righe al minuto Nella foto il prodotto di un minuto di lavoro
(foto I.B.M.)


IBM

caso l'esecuzione e l'avvio delle operazioni sarà completamente automatico e cosí pure la trascrizione e la memorizzazione dei risultati intermedi. Bisognerà quindi fornire al calcolatore una lista completa delle operazioni da svolgere, cioè bisognerà costruire un elenco dettagliato di comandi per il calcolo, la stampa, gli ingressi automatici dei dati e tutte le .varie modalità operative, detto comunemente 'programma' del calcolatore. Per poter giungere a questo programma sono necessari tre passi intermedi e cioè:

1. l'analisi del problema;
2. la stesura di un organigramma funzionale;
3. la stesura di un organigramma adattato al tipo di calcolatore che si vuole utilizzare.

Programma per la somma dei numeri da 1 a 10

programma simbolico		programma effettivo	
AV	*a*) Inizio	0100	1100
A/↑	*b*) Poni 1 in B, C, D	1100	0010
D/↓		1010	0001
D↑		0010	0010
C↑		0101	0010
B↑		0001	0010
→ A/V	*c*) Somma *1* a *B*	1100	1100
B↓		0001	0001
D+		0010	0100
B↕		0001	0011
B↓	*d*) Somma *B* a *C*	0001	0001
C+		0101	0100
C↕		0101	0011
A/↑	*e*) Confronto *B* con 10	1100	0010
R/S		1110	0000
D↓		0010	0001
		0000	0001
B⤓		0001	0101
←---/V		0100	1100
C◇	*f*) Stampa *C*	0101	1000
STOP		0000	0000

L'analisi del problema è quella fase di studio che porta alla scelta del metodo matematico o della procedura di calcolo che meglio si adatta al particolare problema studiato. Se ad esempio il calcolatore elettronico è in grado di fare direttamente le somme, le sottrazioni e le moltiplicazioni, mentre non è in grado di eseguire direttamente le divisioni, vengono scelti dei metodi di calcolo

nei quali la divisione appare molto di rado. Se viceversa il calcolatore elettronico è in grado di eseguire le quattro operazioni e se inoltre può calcolare anche la radice quadrata, si possono scegliere delle procedure di calcolo adatte allo sfruttamento completo di tutte queste possibilità.

L'analisi del problema inoltre comprende lo studio di tutti i casi particolari che si possono manifestare durante l'elaborazione dei dati in quanto è indispensabile che *tutto* sia già stato previsto dal programma affinché il calcolatore possa operare correttamente.

Terminata l'analisi del problema, la fase puramente matematica può dirsi conclusa ed inizia una fase di tipo organizzativo dei calcoli tramite la quale si arriva a strutturare i calcoli in modo da non avere sequenze di operazioni ridondanti o degli inutili doppioni (ad esempio si elimineranno in questa fase le liste identiche di istruzioni utilizzate in punti diversi del programma). La fase organizzativa ha quindi come scopo quello di ridurre i calcoli al minimo indispensabile e nel contempo quello di facilitare la scrittura effettiva del programma. Per un lavoro di tipo organizzativo, è di grande importanza poter cogliere con un solo colpo d'occhio il metodo di calcolo che si vuole utilizzare e per questo motivo sono state proposte varie simbologie grafiche per rappresentare in modo sintetico una generica elaborazione. Questo modo sintetico e grafico che esprime la sequenza dei calcoli, costituisce l'*organigramma* generale del lavoro.

Disegnato l'organigramma generale, questo viene completato nei piú piccoli dettagli strutturali, e quindi si passa all'ultima fase del lavoro realizzando un *organigramma specifico* che dipende dalla particolare macchina scelta per l'esecuzione dei calcoli. Questo organigramma si differenzia dall'organigramma strutturale solo per il fatto di avere le singole parti estremamente piú dettagliate mentre l'andamento generale resta inalterato. Da questo organigramma particolare si ricava infine la sequenza dei codici che costituiscono il vero programma del calcolatore e che faranno eseguire il calcolo nel modo voluto.

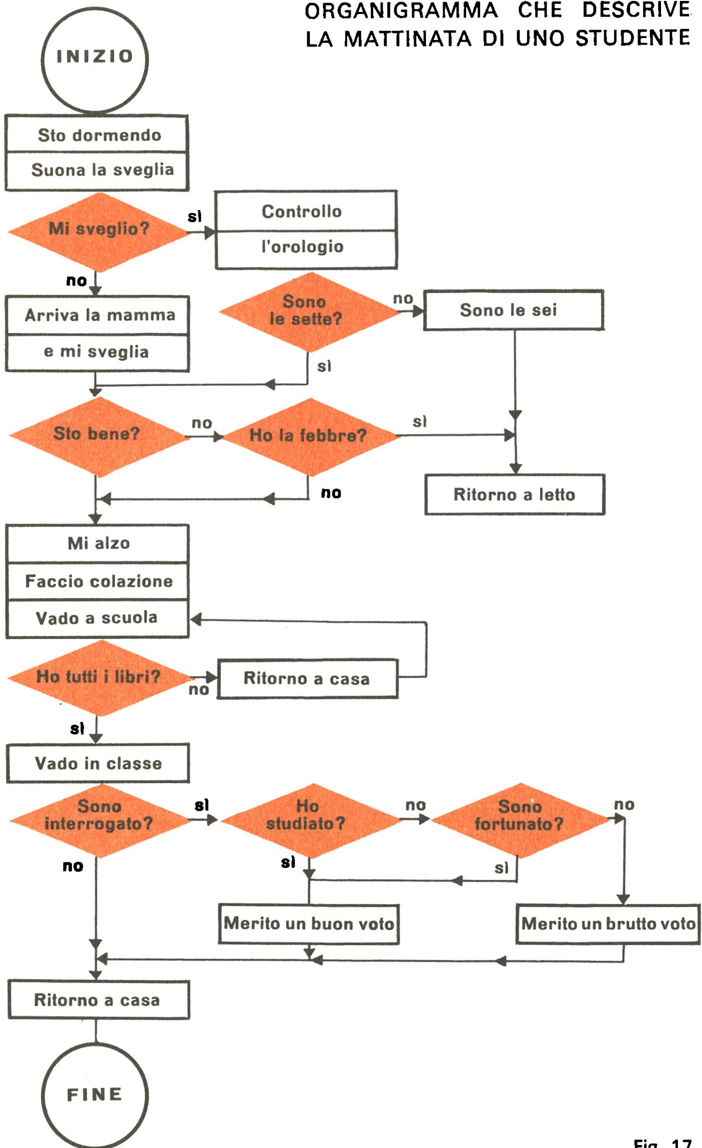

ORGANIGRAMMA CHE DESCRIVE
LA MATTINATA DI UNO STUDENTE
INIZIO
Sto dormendo
Suona la sveglia
Mi sveglio?
sì
Controllo
l'orologio
no
Arriva la mamma
e mi sveglia
Sono le sette?
no
Sono le sei
sì
Sto bene?
no
Ho la febbre?
sì
no
Ritorno a letto
Mi alzo
Faccio colazione
Vado a scuola
Ho tutti i libri?
no
Ritorno a casa
sì
Vado in classe
Sono interrogato?
sì
Ho studiato?
no
Sono fortunato?
no
no
sì
sì
Merito un buon voto
Merito un brutto voto
Ritorno a casa
FINE

Fig. 17

È abbastanza semplice realizzare un programma fino alla fase di organigramma generale dettagliato mentre le eventuali difficoltà iniziano nelle ultime fasi del lavoro quando si passa ad utilizzare il linguaggio della macchina in quanto le singole istruzioni del calcolatore elettronico sono istruzioni di tipo veramente elementare e sono quindi necessarie in gran numero per risolvere dei calcoli anche abbastanza semplici. I programmi, visti in termini di istruzioni, sono pertanto in genere molto lunghi e quindi richiedono una gran quantità di tempo per la loro scrittura e la loro messa a punto.

Per rimediare a questi due inconvenienti, i costruttori di calcolatori elettronici sono stati stimolati a sviluppare particolari programmi che consentano di utilizzare la macchina programmandola non piú nel suo linguaggio, ma in un modo piú simile al nostro modo di lavorare. Nascono in tal modo i linguaggi artificiali o linguaggi di programmazione che hanno essi pure delle regole ben precise come il linguaggio macchina, ma queste regole sono in numero limitato e sono per l'uomo piú naturali di quelle della programmazione del linguaggio della macchina.

Le istruzioni comandate tramite questi linguaggi sono decisamente piú sintetiche di quelle del linguaggio base della macchina e inoltre ognuna di esse viene indicata in un modo simbolico convenzionale che darà origine automaticamente ad una sequenza di operazioni elementari che il programmatore può anche ignorare.

Quando si codifica un lavoro sfruttando un linguaggio di programmazione, si utilizzano delle indicazioni sintetiche e quindi si scrivono poche istruzioni con il duplice vantaggio di impiegare poco tempo e di poter facilmente scoprire gli eventuali errori. La serie di istruzioni sintetiche viene esaminata dal programma che costituisce il linguaggio di programmazione e questi dati vengono trattati come normali dati da elaborare e secondo diversi criteri vengono generati i codici elementari che costituiscono l'effettivo programma scritto nel linguaggio della

macchina. Si può dire quindi che i linguaggi di programmazione eseguono la trascrizione da un programma simbolico e sintetico al linguaggio base del calcolatore.

Questo significa che per programmare non è indispensabile conoscere l'organizzazione specifica di una data macchina in quanto il linguaggio di programmazione può essere di tipo universale. È quindi possibile che anche una persona non specializzata nel lavoro sui calcolatori elettronici (ad esempio un ingegnere che conosce perfettamente i calcoli che vuole svolgere ma che non conosce il calcolatore che ha a disposizione) possa realizzare in breve tempo dei programmi di calcolo perfettamente funzionanti.

L'uso dei linguaggi porta quindi a degli enormi vantaggi in tutti quei problemi di dimensione non eccezionalmente grande che abbiano particolari caratteristiche di urgenza. Non si deve però pensare che i linguaggi di programmazione siano un toccasana per tutti i problemi in quanto ciò che si guadagna in rapidità di stesura del programma, poi si paga con una meno razionale occupazione della memoria e con tempi di calcolo piú lunghi rispetto a quelli che si ottengono codificando lo stesso lavoro direttamente nel linguaggio del calcolatore. Ad esempio, se un programma scritto da un buon programmatore occupa 4000 bytes e viene svolto in 30 minuti, lo stesso lavoro codificato utilizzando un linguaggio di programmazione verrà svolto in non meno di 50 minuti occupando piú di 7000 bytes di memoria.

Caratteristiche essenziali di un linguaggio evoluto devono essere:

- Programmazione simbolica facile e breve, quindi con proposizioni molto sintetiche.
- Facilità di apprendimento della simbologia adottata.
- Facilitazioni nell'indirizzamento dei dati per cui il programmatore li possa indicare in modo simbolico.
- Semplicità nelle operazioni da svolgere con le schede perforate o la banda perforata per introdurre il programma simbolico e ricavarne il programma scritto nel linguaggio base.

Il calcolatore I.B.M. 1800 comanda i movimenti della macchina tagliatrice per realizzare modelli di tutte le taglie partendo da un unico modello originario
(foto I.B.M.)



- Facilitazioni per la messa a punto del programma con indicazioni automatiche delle frasi sbagliate e delle dichiarazioni incompatibili.
- Infine il programma ottenuto dovrà essere svolto nel minor tempo possibile.

In base alla loro struttura i linguaggi simbolici si dividono in: programmi assemblatori, programmi compilatori e programmi interpretativi. Sono detti *programmi assemblatori* quei programmi che accettano le istruzioni del calcolatore espresse in modo simbolico e generano per ciascuna di esse la corrispondente istruzione scritta nel codice di base della macchina. Questo tipo di programma è anche detto 'assemblatore di base' o 'assemblatore a livello 1 a 1'. Una ulteriore facilitazione nella programmazione è costituita dai linguaggi *macroassemblatori* i quali oltre alle caratteristiche degli assemblatori di base, hanno anche la possibilità di compilare automaticamente delle piccole sequenze di istruzioni elementari necessarie allo svolgimento di operazioni non comprese tra le istruzioni della macchina (ad esempio il calcolo delle percentuali o il calcolo della radice quadrata).

Il principale vantaggio di questi linguaggi assemblatori consiste nel fatto che il programmatore segue passo passo lo svolgimento del calcolo e quindi ha la possibilità di sfruttare in modo integrale le capacità della macchina senza però dover sopportare il peso della programmazione nel linguaggio macchina. Questo tipo di programmazione è quello caratteristico dei piccolissimi calcolatori elettronici a programma registrato (come l'Olivetti Programma 101) nei quali una tastiera operativa adempie alla funzione di generare un codice di macchina per ogni istruzione simbolica comandata dal programmatore tramite i tasti.

I *programmi compilatori* rappresentano un ulteriore sviluppo del sistema di programmazione dei calcolatori elettronici in quanto questi programmi ricevono le istruzioni sotto forma simbolica e sintetica e per ognuna di esse compilano una lista di istruzioni elementari nel linguaggio base. Il vantaggio di questi programmi consiste soprat-

tutto nella semplicità delle frasi di comando che sono basate sulla utilizzazione di parole comuni del linguaggio inglese per costruire l'istruzione simbolica.

Infine ci sono i *programmi interpretativi* i quali non generano la lista di istruzioni in linguaggio macchina tutta in una volta, ma la generano per parti ed eseguono le elaborazioni relative a ciascuna parte prima di passare alla successiva sequenza di istruzioni elementari corrispondente a nuove istruzioni simboliche. Questo tipo di linguaggio è quello che consentirà nei prossimi anni il colloquio diretto tra l'uomo e il calcolatore, però ha il grave inconveniente di richiedere macchine enormemente veloci e con una memoria di grande dimensione.

4. COME SI USA IL CALCOLATORE ELETTRONICO

Finora si è parlato del calcolatore elettronico e del suo funzionamento in un modo un po' astratto perché non ci siamo mai curati di vedere come effettivamente ci si comporta per far svolgere un certo lavoro di calcolo a una di queste macchine.

Dopo aver fatto l'analisi dettagliata del problema e i relativi organigrammi, il programmatore scrive il programma di calcolo in un certo linguaggio, ad esempio in FORTRAN. I fogli contenenti le istruzioni simboliche vengono inviati al centro di calcolo dove vengono perforate tante schede meccanografiche quante sono le istruzioni simboliche scritte; il pacco di schede viene messo da parte dopo essere stato controllato e quando viene il suo turno è inserito nel lettore di schede collegato al calcolatore.

A questo punto il calcolatore preleva dalle unità a dischi o da un nastro magnetico il programma compilatore e quindi inizia a leggere le schede. Dopo una prima passata e prima di generare il programma in linguaggio base, il calcolatore segnala gli eventuali errori esistenti nel programma simbolico specificando la natura di ciascuno; qualora il programma simbolico sia giusto, viene perforato un secondo pacco di schede con le istruzioni in linguaggio macchina necessarie per lo svolgimento di

quel dato lavoro (programma oggetto). Questo secondo pacco di schede viene di nuovo messo nel lettore e, sotto il controllo di un semplice programma di gestione, entra in memoria dove è pronto per essere eseguito appena l'operatore abbassa il tasto del 'via'. Come risultato dell'elaborazione si hanno di solito dei tabulati, cioè dei grandi fogli su quali i risultati sono riportati in modo ordinato con tutte le indicazioni necessarie per individuarli; questi tabulati vengono infine spediti al programmatore. In questo giro di documenti attraverso vari centri, i punti in cui ovviamente si può prevedere di dover attendere sono la perforazione delle schede e l'elaborazione sul calcolatore. Se il calcolatore elettronico è installato presso un'industria di solito esso lavora 24 ore su 24 per cinque giorni alla settimana è i lavori di carattere amministrativo hanno la precedenza su quelli di carattere tecnico; in queste condizioni se un ingegnere ha bisogno di fare qualche grosso calcolo accade abbastanza frequentemente che debba attendere per diversi giorni. Se il calcolo è veramente grosso o se deve essere eseguito molte volte o se è molto importante, questo ritardo non dà alcun fastidio, però se il calcolo è di media o piccola mole e rappresenta uno dei tanti risultati intermedi di un certo progetto in fase di studio, allora anche solo due giorni di ritardo possono non essere piú tollerati.

Per questo tipo di utenti sono possibili due soluzioni: o si collega in *time-sharing* una telescrivente posta presso il progettista con il grosso calcolatore elettronico centrale, oppure si mette a disposizione del progettista un piccolissimo calcolatore elettronico da tavolo del tipo Programma 101 o simili, sul quale possa essere svolta immediatamente gran parte dei calcoli tecnici.

Quest'ultima soluzione è stata adottata in molti ambienti universitari e industriali italiani nei quali il calcolatore elettronico centrale, di piccole dimensioni, poteva essere utilizzato solo dopo lunghe attese, mentre la prima soluzione è quella preferita dalle grossissime industrie americane presso le quali sono installati alcuni grossi calcolatori collegati in *time-sharing* con centinaia di telescriventi poste nei vari uffici tecnici e amministrativi.

Il calcolatore elettronico I.B.M. 1500 ideato per l'insegnamento permette agli insegnanti di fornire contemporaneamente programmi individuali a 32 studenti
(foto I.B.M.)



SCHEMA DEL CAPITOLO IV

come lavora il calcolatore elettronico



TIPI DI ISTRUZIONI

Aritmetiche
- somma
- sottrazione
- moltiplicazione
- divisione

Logiche
- confronti
- salti
- OR-NOR, ecc.

Trasferimento
- spostano i dati nella memoria

Governo unità periferiche
- comandi di lettura
- comandi di perforazione
- comandi di stampa

LINGUAGGIO DEL CALCOLATORE

- linguaggio base o linguaggio di macchina
- **binario**

Assemblatore
- linguaggio simbolico a livello 1 a 1
- assemblatore di base
- macro assemblatore

Compilatore
- linguaggio simbolico evoluto
- Fortran, Algol e Cobol

Programmi di gestione
- per lavorare in Time-sharing
- per la multiprogrammazione

PICCOLO DIZIONARIO DEL CALCOLATORE ELETTRONICO

abaco Il piú semplice strumento di calcolo formato da una tavoletta scanalata su cui si fanno scorrere delle palline rappresentanti i numeri.

AND Termine inglese per indicare il prodotto logico nell'algebra di Boole (cap. 4, 1).

banda perforata Striscia di carta o di mylar su cui vengono fatte delle perforazioni con vari codici per memorizzare dei dati (cap. 2, 5).

base di un sistema di numerazione Numero qualsiasi, in particolare i numeri interi 2, 10 e 16, su cui si basa la rappresentazione dei numeri (cap. 2, 1).

biometria Scienza basata sull'applicazione dei metodi statistici alla descrizione e all'analisi delle caratteristiche biologiche degli esseri viventi (cap. 1, 3).

bit Sigla derivata dai termini inglesi *Binary Digit*, che significano « cifra binaria » (cap. 2, 2).

byte Termine inglese per indicare un gruppetto di 8 bit (cap. 2, 4).

buffer Termine inglese per indicare una particolare memoria utilizzata per gli scambi di dati tra il calcolatore e le sue unità periferiche (cap. 3, 2).

calcolatore elettronico Macchina elettronica destinata a eseguire calcoli ed elaborazioni. Esistono vari tipi di calcolatori elettronici (cap. 3, 1).

calculator Termine inglese per indicare le calcolatrici manuali (cap. 3, 1).

celle di memoria-carattere Rappresentano i pezzi elementari nei quali si può pensare suddivisa la memoria dei calcolatori numerici.

circuito stampato Circuito senza fili realizzato con un deposito di opportuni strati di rame su una piastrina isolante.

codice Particolare legge di associazione tra caratteri alfabetici o numerici e gruppi di bit (cap. 2, 1).

complementazione Ricerca del complemento di un numero (cap. 2, 3).

computer - processor Termine inglese per indicare i calcolatori elettronici (cap. 3, 1).

connettori elettrici Elementi che consentono il collegamento elettrico tra le varie parti di una macchina (cap. 1, 5).

curva Rappresentazione grafica di un particolare fenomeno, ad esempio dell'andamento altimetrico di una strada.

derivatore Calcolatore di pendenza di una curva (cap. 3, 1).

dischi magnetici Dischi di metallo ricoperti di uno strato di ossido di ferro utilizzati per memorizzare una grande quantità di dati (cap. 3, 3).

display Termine inglese per indicare la rappresentazione visiva dei caratteri ottenuta tramite un sistema simile alla televisione (cap. 3, 3).

duplicatrice di schede Apparecchiatura che perfora una scheda in piú copie uguali senza bisogno dell'intervento manuale.

elettronica Ramo della fisica che studia l'elettrone e le sue leggi. Attualmente con il termine 'elettronica' si intende sia l'elettronica fisica, che la tecnica elettronica, cioè lo studio delle applicazioni e delle apparecchiature che si basano sulla presenza o sul moto o sulle proprietà degli elettroni.
Fanno pertanto parte dell'elettronica: la radiotecnica, la radartecnica, la tecnica del laser, la tecnica dei calcolatori, lo studio dei circuiti, la costruzione dei componenti elettronici, la telemetria e la radio-astronomia, la tecnica degli strumenti di misura elettronici, le applicazioni biomedicali, ecc.

esponenziale Particolare espressione o funzione matematica che costituisce un'estensione del concetto di 'potenza di un numero'.

ferrite Idrato di ferro utilizzato, per le sue proprietà magnetiche, per memorizzare le informazioni.

fluidica Scienza che studia il moto dei gas nei condotti sottili al fine di utilizzare un gas come supporto di informazioni per un calcolo (cap. 3, 5).

forma d'onda Figura di un certo fenomeno elettrico visto all'oscilloscopio.

fotodiodo - fototransistore Elementi simili ai transistori che cambiano le proprie caratteristiche elettriche quando sono illuminati.

governo Insieme di circuiti che controllano il funzionamento del calcolatore (cap. 3, 2).

impaccamento del nastro Densità delle registrazioni effettuate su un nastro magnetico (cap. 3, 3).

indirizzo Posizione di un dato nella memoria (cap. 3, 2).

inseritrice di schede Apparecchiatura che esegue l'inserimento automatico di due pacchi di schede formando un unico pacco ordinato.

interpolazione Procedimento matematico con il quale si può prevedere l'andamento di una curva nei tratti compresi tra punti conosciuti.

istruzione Comando elementare di un calcolatore.

lettore di schede Apparecchiatura che traduce in segnali elettrici la presenza o l'assenza di fori della scheda (cap. 3, 3).

linee a ritardo - a mercurio - magnetostrittive Particolari memorie dei calcolatori a bassissimo costo.

logica di una macchina Insieme di caratteristiche che consentono di costruire una macchina con determinate prestazioni.

macchina a carrello mobile Particolari calcolatrici elettromeccaniche nelle quali il movimento del carrello di scrittura comanda lo svolgimento del programma.

magnetizzare Fare acquistare proprietà magnetiche a uno strato o a un anello di ossido di ferro.

memoria Dispositivo che serve a conservare e a ricordare sia i dati che le istruzioni nei calcolatori (cap. 3, 2).

memoria labile Tipo di memoria che perde l'informazione se manca l'alimentazione elettrica alla macchina (cap. 3, 3).

memoria permanente Tipo di memoria che conserva l'informazione anche quando manca l'alimentazione elettrica alla macchina.

memorizzare Mettere in memoria.

micrologici Particolari componenti elettronici che comprendono piú transistori costruiti sulla stessa piastrina.

NOR Sigla derivata per contrazione dall'espressione inglese *Not OR*; indica una particolare funzione utilizzata nell'algebra booleana; si realizza con un solo transistore (cap. 4, 1).

NOT Termine inglese per individuare la negazione logica nell'algebra di Boole (cap. 4, 1).

nucleo di ferrite Anellino di ferrite utilizzato per costruire un particolare tipo di memoria dei calcolatori.

OR Termine inglese per individuare la somma logica nell'algebra booelana (cap. 4, 1).

organo di una macchina Parte della macchina destinata a compiere una ben determinata funzione.

oscilloscopio Particolare apparecchiatura elettronica che serve a visualizzare su uno schermo di tipo televisivo i fenomeni elettrici.

pannello di programmazione Piastra con molti fori nei quali si infilano dei cavi elettrici per effettuare particolari predisposizioni della macchina e per controllare lo svolgimento delle operazioni. Viene utilizzato per programmare le tabulatrici e le altre macchine del centro meccanografico.

perforatrice di schede Apparecchiatura utilizzata nei centri meccanografici per perforare in modo automatico o manuale le schede.

piastra - piastrina Supporto isolante sul quale vengono ancorati o saldati i singoli componenti elettronici di una macchina; alcune piastre invece di fili hanno i circuiti stampati.

pilotare un relé Inviare corrente ad un particolare elettromagnete detto 'relé' per aprire o chiudere un interruttore.

progettazione automatica Facilitazione del progetto di complesse apparecchiature ottenuta tramite l'uso di calcolatori elettronici (cap. 1, 5).

programma Insieme di istruzioni. Esistono vari tipi di programmi (cap. 4, 3).

programmatore La persona che compila un programma.

relé Interruttore che viene aperto o chiuso dalla corrente elettrica; viene utilizzato nei centralini telefonici.

scheda meccanografica Cartoncino di dimensioni prefissate sul quale vengono fatte delle perforazioni per memorizzare i dati.

selezionatrice Apparecchiatura utilizzata nei centri meccanografici per ordinare in senso crescente o decrescente le schede perforate.

servosistema Particolare macchina che consente la regolazione di complessi sistemi fisici; in altri casi il servosistema consente di svolgere dei lavori alleviando completamente la fatica all'uomo. (Ad esempio il servofreno dei veicoli industriali).

simulazione Particolare procedura con cui si costruisce con circuiti elettrici o meccanici un sistema che funziona in modo analogo o simile al sistema che si vuole studiare.

sistema fisico Un insieme di macchine o di pezzi di diversa natura utilizzato per scopi generici.

stabilizzazione Di una nave o di un satellite. L'insieme delle manovre che sono necessarie per evitare dei movimenti non voluti come ad esempio il rollío e il beccheggio della nave.

tabulatrice Stampante abbastanza veloce che consente la stampa di una riga tutta in una volta (cap. 3, 3).

tabulato Il generico foglio prodotto da una tabulatrice o da una stampante parallela (cap. 3, 3).

tamburo magnetico Cilindro di metallo con la superficie ricoperta da ossido di ferro, sul quale viene memorizzato un gran numero di dati; costituisce di solito un ampliamento della memoria principale del calcolatore (cap. 3, 3).

telescrivente Apparecchiatura costituita da una tastiera che invia, sotto forma di codici, i dati al calcolatore e da una macchina da scrivere elettrica che stampa le risposte.

totalizzatore Organo di calcolo delle calcolatrici meccaniche; nelle calcolatrici elettroniche da tavolo è chiamato anche accumulatore.

tracciatore di curve Apparecchiatura simile a un tavolo da disegno che può essere collegata direttamente con il calcolatore per disegnare delle curve.

transistore Componente elettronico solido che nel calcolatore viene utilizzato o come relé ad altissima velocità oppure per realizzare il NOR.

variabile Una qualsiasi quantità che non abbia un valore fisso; certe volte può essere chiamata anche incognita.

voltmetro Strumento che serve a misurare la tensione elettrica.

voltmetro numerico Voltmetro che consente la rappresentazione numerica della tensione letta utilizzando particolari sistemi ottici (cap. 3, 1).


ZUM
1
BUONO
REGALO

NELLA COLLANA ZUM
DIRETTA DA MARIA LUDOVICA VARVELLI
SONO GIÀ USCITI:

I calcolatori elettronici
La montagna
Oggi la Russia
La ragazza e la casa
Come combattono gli uomini
Il volo oggi
Carovane nel deserto
La donna nel mondo

USCIRANNO PROSSIMAMENTE
CON PERIODICITÀ MENSILE:

Israele ieri
Il paesaggio nella letteratura
La storia dell'automobile
Missilistica
Per vivere sicuri
I castelli d'Italia
Il Laser
Costruzioni in ferro
Il costume nella storia
Archeologia italiana
I sistemi di comunicazione nel mondo
La televisione a colori
Il mondo parla inglese

1.448.003



I CALCOLATORI ELETTRONICI

1